



Bachelorthesis zur Erreichung des FH-Diploms als Bachelor of Science HES-SO in Physiotherapie
HES-SO Valais Wallis Bereich Gesundheit & Soziale Arbeit

Die Auswirkungen von chronischem Stretching auf die Kraft

Eine systematische Literaturübersicht

Erarbeitet von: Guler Mathias
Brügger Michael

Klasse : BA 07

Unter Betreuung von : Sattelmayer Karl-Martin

Leukerbad, Juli 2010

Danksagung

Wir bedanken uns bei unserem fachkompetenten Betreuer Martin Sattelmayer. Er stand uns bei allen anfallenden Fragen sehr hilfreich zur Verfügung. Weiterhin bedanken wir uns bei Nicolas Mathieu, der uns bei sportspezifischen Fragen zur Seite stand.

Ein grosses Dankeschön geht auch an die fleissigen Helferlein, die uns bei der Korrektur „vom unser Walliserdisch“ behilflich waren. Dies sind: Annemarie Guler-Schibli, Stefanie Tesini aka. Neurosteffi, Franziska Irlinger, Karin Steiner und Michèle Lymann. Für die Korrektur des französischen Abstracts bedanken wir uns bei Sarah Fracheboud.

Last but not Least bedanken wir uns bei unseren Familien (Brüggi's und Guli's) für die grosse Unterstützung während der Arbeit und dem ganzen Studium.

Vorwort

Für die gesamte Arbeit gilt: Wo die männliche oder weibliche Form verwendet wird, ist immer auch die andere Form, im Sinne der Gleichstellung gemeint.

Abstract

Einführung: Von Amateursportlern bis hin zu professionellen Weltklasseathleten, viele machen Gebrauch von Stretching um die persönliche Leistungsfähigkeit und individuelle Lebensqualität zu verbessern.

Ziel: Diese Review setzte sich zum Ziel, den Effekt von chronischem Stretching auf die Kraft (Plyometrie, Schnellkraft, Maximalkraft) zu untersuchen.

Suchstrategie: Die Literatursuche wurde in folgenden Datenbanken durchgeführt: Pubmed, Cochrane, CINAHL, SPORTDiscus und Web of Science. Die letzte Suche wurde am 1. Februar 2010 ausgeführt.

Einschlusskriterien: Eingeschlossen wurden Randomised (RCT) und Clinical Controlled Trials (CCT), die als Intervention chronisches muskuläres Stretching und als Outcome «Plyometrie», «Schnellkraft» oder «Maximalkraft» untersuchten.

Resultate: Sieben RCT's und eine CCT, welche insgesamt 182 Probanden untersuchten, wurden eingeschlossen.

Gepoolte Daten von fünf Studien, welche den Effekt von Stretching auf die Maximalkraft untersuchten, zeigten eine statistische Signifikanz für die Stretchinggruppe (SMD: 0.45, 95% CI: 0.08 bis 0.81, P: 0.02).

Um die Maximalkraft zu verbessern, zeigt die Contract Relax Dehnmethode (SMD: 0.86, 95% CI: 0.27 bis 1.44, P: 0.006) einen grösseren Effekt als die passiv-statische (SMD: 0.19, 95% CI: -0.27 bis 0.65, P: 0.42).

Auf die Outcomes «Plyometrie» (P: 0.85) und «Schnellkraft» (P: 0.97) wurde keine statistische Signifikanz festgestellt. Wegen unterschiedlichen Anfangswerten in der Outcomegruppe «Plyometrie», wurde eine sekundäre prozentuale Analyse durchgeführt. Diese Analyse zeigte eine Tendenz in Richtung der Stretchinggruppe. Die Stretchinggruppe verbesserte sich um 6.72%, wobei sich die Kontrollgruppe um 0.14% verschlechterte.

Schlussfolgerung: Ein gesunder, aktiver Mensch kann erwarten, dass chronisches Stretching die Maximalkraft verbessert. Jedoch muss beachtet werden, dass Stretching als Ergänzung der herkömmlichen Trainingsprogramme und nicht als deren Ersatz durchgeführt werden darf. Weitere Forschung ist nötig, um die statistische Signifikanz von Stretching auf die Plyometrie zu untersuchen.

Schlüsselwörter: Stretching, Dehnen, Maximalkraft, Schnellkraft, Plyometrie, Leistungsfähigkeit, systematische Review

Abstract

Introduction: Le stretching est une méthode utilisée autant par les sportifs amateurs que professionnels afin d'améliorer leurs capacités sportives et leur qualité de vie.

But: Le but de cette Review est de définir l'effet du stretching chronique sur la force. (pliométrie, rapidité, force maximal).

Stratégie de recherche: La recherche dans la littérature a été effectuée sur les bases de données suivantes: Pubmed, Cochrane, CINAHL, SPORTDiscus und Web of Science. La dernière recherche a été effectuée en février 2010.

Critères d'inclusion: Il a été inclus des études randomisées contrôlées et les essais cliniques contrôlés traitant de l'intervention du stretching musculaire chronique à travers les outcome de la «pliométrie», de la «force vitesse» et de la «force maximal». La Review a pris en compte une population saine.

Cette Review est basée sur des études randomisées contrôlées et des essais cliniques contrôlés traitant de l'intervention du stretching musculaire chronique à travers les outcomes de la «pliométrie», de la «force vitesse» et de la «force maximal». Elle prend en compte une population saine.

Résultats: Sept études randomisées contrôlées et un essai clinique contrôlé comprenant en tout 182 cobayes ont été inclus.

Les cinq études poolées qui ont étudiées l'effet du stretching sur la force maximal ont démontrées une évidence statistique pour le groupe du stretching (SMD: 0.45, 95% CI: 0.08 bis 0.81, P: 0.02).

La méthode d'étirement Contract Relax (SMD: 0.86, 95% CI: 0.27 bis 1.44, P: 0.006) a démontrée un plus grand effet comparé à la méthode passive (SMD: 0.19, 95% CI: -0.27 bis 0.65, P: 0.42) pour améliorer la force maximal.

Pour les outcomes de la «pliométrie» (P: 0.85) et de la «force vitesse» (P: 0.97), il n'a pas été constaté d'évidence statistique. A cause des différentes valeurs de départ, il a été établi une analyse secondaire proportionnelle. Cette analyse montre une tendance pour le groupe de stretching. Le groupe de stretching a amélioré la pliométrie de 6.72% alors que le groupe de contrôle a perdu 0.14 %.

Conclusion: Une personne saine et active peut attendre une amélioration de sa force maximale grâce à un stretching chronique. Toutefois, le stretching doit être inclus comme supplément dans le programme d'entraînement et non remplacé une partie du programme préétabli. En ce qui concerne la pliométrie, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour en déduire une évidence statistique.

Mots - clés: stretching, étirement, force maximale, force vitesse, pliométrie, performance, revue systématique

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretischer Hintergrund	- 1 -
1.1	Einführung	- 1 -
1.2	Physiotherapeutischer Kontext	- 1 -
1.3	Sportlicher Kontext	- 2 -
1.4	Definitionen Stretching	- 3 -
1.4.1	Akutes und chronisches Stretching	- 3 -
1.4.2	Aktive Dehnungsmethode	- 4 -
1.4.3	Passive Dehnungsmethode	- 4 -
1.4.4	Anspannen – Entspannen / Contract-Relax / Propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation.....	- 4 -
1.5	Geschichte des Stretchings	- 5 -
1.6	Definitionen Kraft	- 6 -
1.6.1	Maximalkraft.....	- 6 -
1.6.2	Schnellkraft	- 7 -
1.7	Physiologie des Dehnens.....	- 9 -
1.8	Die physiologischen, psychologischen und sozialen Mechanismen der Dehnung..	- 11 -
1.8.1	Steifheit	- 11 -
1.8.2	Neurologische Adaptation.....	- 13 -
1.8.3	Strukturelle Adaptation.....	- 14 -
1.8.4	Hormonelle Veränderungen.....	- 14 -
1.8.5	Psychologischer und sozialer Effekt	- 15 -
1.9	Der Effekt von Stretching	- 15 -
1.9.1	Der Effekt von Stretching auf die Kraft.....	- 15 -
1.9.2	Der Effekt von Stretching auf das Verletzungsrisiko.....	- 17 -
1.9.3	Der Effekt von Stretching auf Muskelkater	- 18 -
1.9.4	Der Effekt von Stretching auf die Running Economy	- 19 -
1.10	Relevanz der vorliegenden Review	- 20 -
1.11	Ziel der Review	- 20 -
1.12	Hypothese der Review	- 20 -
1.13	Frage der Recherche	- 21 -
2	Methode.....	- 21 -
2.1	Design.....	- 21 -
2.2	Einschlusskriterien	- 21 -

2.3	Ausschlusskriterien	- 21 -
2.4	Outcomes	- 21 -
2.4.1	Korrelation der Outcomemessungen - Outcomegruppe «Plyometrie»	- 21 -
2.4.2	Korrelation der Outcomemessungen - Outcomegruppe «Schnellkraft»	- 22 -
2.4.3	Korrelation der Outcomemessungen - Outcomegruppe «Maximalkraft»	- 22 -
2.5	Suchstrategie	- 22 -
2.6	Datensammlung und Analyse	- 23 -
2.7	Handsuche der Referenzen	- 23 -
2.8	Suche der Volltexte	- 23 -
2.9	Methodologische Evaluation	- 24 -
2.10	Analyse der Resultate	- 24 -
2.11	Handhabung bei fehlenden Daten	- 26 -
2.12	Heterogenität	- 26 -
3	Resultate	- 26 -
3.1	Ergebnisse der Suche	- 26 -
3.2	Auswahl durch Titel und Abstract	- 27 -
3.3	Auswahl durch Volltexte	- 27 -
3.4	Handsuche	- 28 -
3.5	Zusammenfassung der Suche	- 28 -
3.6	Methodologische Qualität	- 29 -
3.6.1	Blinding der Patienten	- 29 -
3.6.2	Blinding des Outcome-Prüfers	- 29 -
3.6.3	Allocation Concealment	- 29 -
3.6.4	Verzerrung durch andere Bias	- 30 -
3.6.5	Methodologische Qualität der einzelnen Studien	- 30 -
3.7	Eingeschlossene Studien	- 31 -
3.8	Zusammenfassende Tabelle der eingeschlossenen Studien	- 31 -
3.8.1	Outcomegruppe «Plyometrie»	32
3.8.2	Outcomegruppe «Schnellkraft»	33
3.8.3	Outcomegruppe «Maximalkraft»	34
3.8.4	Zusammenfassung der Tabelle «Plyometrie»	- 35 -
3.8.5	Zusammenfassung der Tabelle «Schnellkraft»	- 35 -
3.8.6	Zusammenfassung der Tabelle «Maximalkraft»	- 36 -
3.9	Analyse der Resultate	- 36 -
3.9.1	Outcome «Plyometrie»	- 37 -

3.9.2	Outcome «Schnellkraft»	- 38 -
3.9.3	Outcome «Maximalkraft»	- 40 -
4	Diskussion	- 42 -
4.1	Zusammenfassung der Resultate	- 43 -
4.2	Anwendbarkeit der Evidenz und Vergleich mit der Literatur.....	- 44 -
4.3	Die Qualität der Evidenz und potentielle Bias im Prozess der Review	- 47 -
5	Schlussfolgerung	- 48 -
5.1	Implikation für die Praxis	- 48 -
5.2	Implikation für weitere Forschung	- 48 -
5.3	Erweiterung der persönlichen Ressourcen	- 49 -
6	Bibliographie	I
7	Anhang	X
7.1	Abkürzungsglossar	X
7.2	Glossar	XI

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Kraft-Zeit-Kurve	- 7 -
Abb. 2 Muskelaufbau 1	- 9 -
Abb. 3 Muskelaufbau 2	- 10 -
Abb. 4 Kraft-Dehnungskurve	- 12 -
Abb. 5 Trial Flow	- 28 -
Abb. 6 Zusammenfassung der methodologischen Qualität	- 29 -
Abb. 7 Methodologische Qualität	- 30 -
Abb. 8 Graphik der prozentualen Analyse, Outcomegruppe «Plyometrie»	- 38 -
Abb. 9 Graphik der prozentualen Analyse, Outcomegruppe «Schnellkraft»	- 39 -
Abb. 10 Graphik der prozentualen Analyse, Outcomegruppe «Maximalkraft»	- 42 -

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Eingeschlossene Studien	- 31 -
Tab. 2 Outcomegruppe «Plyometrie»	- 32 -
Tab. 3 Outcomegruppe «Schnellkraft»	- 33 -
Tab. 4 Outcomegruppe «Maximalkraft»	- 34 -
Tab. 5 Forest plot, Outcomegruppe «Plyometrie»	- 37 -
Tab. 6 Prozentuale Analyse, Outcomegruppe «Plyometrie»	- 38 -
Tab. 7 Forest plot, Outcomegruppe «Schnellkraft»	- 38 -
Tab. 8 Prozentuale Analyse, Outcomegruppe «Schnellkraft»	- 39 -
Tab. 9 Forest plot, Outcomegruppe «Maximalkraft»	- 40 -
Tab. 10 Forest plot, CR Methode	- 40 -
Tab. 11 Forest plot, passiv-statische Methode	- 41 -
Tab. 12 Prozentuale Analyse, Outcomegruppe «Maximalkraft»	- 42 -

1 Theoretischer Hintergrund

1.1 Einführung

Stretching ist eine natürliche oder instinktive Aktivität von Menschen und Tieren. Instinktives räkeln und strecken wird bei diesen Lebewesen am Morgen nach dem Erwachen oder nach längerer Immobilität beobachtet. Vor allem Katzen und Hunde zeigen dieses Verhalten eindrucklich.

In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche Artikel, Case Reports, Studien und systematische Reviews zum Thema Stretching publiziert. Die Meinungen änderten sich während die Jahre verflossen und bis heute sind noch viele Theorien unklar.

Die Reviewer setzten sich zum Ziel, den Effekt von chronischem Stretching kombiniert mit Kraftaufbau, vereinsinternem Training oder weiterführen der gewohnten sportlichen Aktivitäten auf die Kraft zu untersuchen.

1.2 Physiotherapeutischer Kontext

In der physiotherapeutischen Arbeit sind wir täglich mit dem Thema «Stretching» konfrontiert. Durch Gespräche mit diplomierten Physiotherapeuten und Studenten bemerkten wir, dass in diesem Bereich noch viel Aufklärungsarbeit zu leisten ist. Dies ist nicht auf Unwissenheit der Spezialisten zurückzuführen, sondern eher auf die divergierenden Theorien und die kontroversen Resultate der publizierten Studien (Haff, 2006).

Eine der Hauptaufgaben der Physiotherapeuten ist es, den Patienten mit einer fundierten wissenschaftlichen Beratung zur Seite zu stehen (Sykes, 2008). Wir als zukünftig diplomierte Physiotherapeuten sind Fachpersonen in den Bereichen Stretching und Kraftaufbau. Aus der Sichtweise der Patienten ist es wichtig, dass die Berufsgruppe der Physiotherapeuten eine einheitliche Meinung vertritt, welche auf dem neusten Stand der wissenschaftlichen Forschung beruht. Aus der Perspektive der Physiotherapeuten können verschiedene Meinungen von Vorteil sein, da somit eine dialektische Spannung und eine neue konstruktive Plattform entstehen können. Auf die Patienten wirken die verschiedenen Meinungen der Physiotherapeuten jedoch verwirrend und inkompetent. Dadurch wird die Kompetenz des Berufsstandes in Frage gestellt.

In der heutigen Zeit der Umstrukturierung des Gesundheitswesens entstehen immer mehr Berufszweige, die sich mit der Sporttherapie befassen. Fitnesstrainer, Bewegungs-

therapeuten, Osteopathen, Sporttherapeuten und Sportlehrer versuchen sich in diesen Themenbereichen zu profilieren und konkurrieren mit dem Berufsfeld der Physiotherapie. Um uns weiterhin als Spezialisten hervorzuheben und unser Fachwissen in der Sportmedizin auszubauen, müssen wir uns in Zukunft durch fachkundige wissenschaftlich fundierte Beratungen auszeichnen. Das Image der Physiotherapeuten und der anderen Berufszweige verändert sich ständig. Um unser gutes Image zu bewahren und um das Standbein -Sporttherapie- der Physiotherapie auszubauen, haben wir uns zum Ziel gesetzt, klare Antworten zum Thema Stretching zu finden.

1.3 Sportlicher Kontext

Die sportliche Leistungsfähigkeit ist von fünf Komponenten abhängig. Kardiovaskuläre Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Flexibilität und Koordination sind Faktoren, welche die sportliche Leistung bestimmen (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983).

Jede dieser Komponenten kann einzeln trainiert werden. Der beste Weg Flexibilität und Kraft kombiniert zu trainieren ist bisher noch kontrovers diskutiert, da noch keine einheitlichen Fakten dargelegt wurden (Bosco u. a., 1983).

Muskelkraft und Flexibilitätstraining sind zwei wichtige Komponenten jedes Trainingsprogramms. Von Amateursportler bis hin zu professionellen Weltklasseathleten, jeder macht Gebrauch von diesen Techniken, um die persönliche Fitness zu verbessern und die individuelle Lebensqualität zu erhöhen (Shrier, 2005).

Im Breitensport wird Stretching häufig angewandt um die Gelenkbeweglichkeit zu erhöhen, das Verletzungsrisiko zu senken oder als ein generelles Aufwärmprogramm. Im Spitzensport wird spezifischer gedehnt. Es werden bestimmte Bewegungseinschränkungen mit gezieltem Stretching behandelt (Nelson & Bandy, 2005).

Die Frage ist nun, wer braucht wie viel Stretching? Braucht ein Torhüter im Fussball mehr Beweglichkeit als ein Offensivspieler? Braucht ein Langläufer mehr Beweglichkeit als ein Slalomspezialist?

Haff (2006) diskutierte in Form einer Gesprächsrunde unter Experten die Applikationsmodalitäten, Effekte und Notwendigkeit des Stretchings. Sie stellten fest, dass jeder Mensch individuell ist und für jede Sportart, Körperteile entweder sehr flexibel, stark oder flexibel und stark sein müssen. Dies zeigten sie in folgenden Beispielen:

Die Balletttänzerin wird zu einem grossen Teil nach ihrer Flexibilität bewertet. Dagegen ist ein Marathonläufer ökonomischer bei einer kleineren Gelenkbeweglichkeit.

Die Schulter- und Fussgelenkbeweglichkeit bei Spitzenschwimmern im Olympiateam sind grösser als bei Schwimmern aus dem Breitensportbereich.

Torhüter im Fussball zeigen eine grössere Flexibilität in allen Gelenken, verglichen mit Fussballspielern auf anderen Positionen.

Es bleibt unklar, ob eine erfolgreiche Sportkarriere eine spezifische Gelenkbeweglichkeit hervorruft oder ob die Athleten eine spezifische Gelenkbeweglichkeit haben müssen, um in einer Sportart erfolgreich zu sein. Es wird beobachtet, dass jede Sportart spezifische Flexibilitätsmuster hat. Zum Beispiel bei Kletterern ist dies eine vergrösserte ROM in Abduktion und Aussenrotation in der Hüfte (Haff, 2006).

Diese Beispiele zeigen, dass grosser Wert auf ein sportbezogenes Stretching gelegt werden muss. Es muss individuell analysiert werden, wo die Schwächen und Stärken jedes Athleten sind und welche Bewegungsmuster die Sportart voraussetzt, um ein optimales Resultat zu erzielen (Shrier, 2005).

1.4 Definitionen Stretching

Im folgenden Kapitel werden die verschiedenen Dehnungsmethoden definiert. Die Definition des akuten und chronischen Stretchings ist für unsere Arbeit wichtig, da die Literatur den jeweiligen Methoden gegenteilige Effekte zuschreibt (Shrier, 2005). Zudem werden die Aktive-, die Passive- und die Contract-Relax Dehnungsmethode beschrieben, weil diese Dehnungsmethoden Interventionen der, in der vorliegenden Arbeit, eingeschlossenen Studien sind.

1.4.1 Akutes und chronisches Stretching

In den wissenschaftlichen Arbeiten unterteilen die Autoren Stretching in zwei Formen, welche sich auf den Zeitpunkt der Applikation beziehen. Eine Form ist das akute (Pre-Exercise) Stretching, das unmittelbar vor einer Aktivität oder als Teil des Warm-Ups durchgeführt wird (Shrier, 2005).

Eine andere Form ist das chronische Stretching, das sich durch ein regelmässiges, oft umfangreiches Dehnen der Muskulatur definiert. Es wird vor allem nach dem Sport oder als unabhängiges Training durchgeführt (Stone u. a., 2006).

1.4.2 Aktive Dehnungsmethode

Weineck (2004) definiert die aktiven Dehnungsmethoden wie folgt: „Die aktiven Dehnungsmethoden beinhalten gymnastische Übungen, die mittels Federn und Schwingen die normalen Grenzen der Gelenkbeweglichkeit erweitern. Sie lassen sich in aktiv-dynamische und aktiv-statische Dehnübungen unterteilen.“

„Bei den aktiv-dynamischen Dehnungsübungen, den sogenannten «Ballistics», erfolgt die Dehnungsarbeit über mehrfach wiederholte federnde Bewegungen.“

„Bei den aktiv-statischen Dehnungsübungen kontrahieren sich die Antagonisten der zu dehnenden Muskeln isometrisch in der finalen Dehnungsstellung (=Halten der Endstellung). Dieser Fixierung in der Endstellung können drei bis vier schwingende Bewegungen vorausgehen.“ Diese Definition beruht auf B. Anderson und J. Anderson (2000).

1.4.3 Passive Dehnungsmethode

Weineck (2004) definiert die passiven Dehnungsmethoden wie folgt: „Die passive Dehnungsmethode beinhaltet Dehnungsübungen, bei denen äußere Kräfte eine Rolle spielen. Über Partnerhilfe kommt es zu einer verstärkten Dehnung bestimmter Muskelgruppen, ohne dass deren Antagonisten dabei gekräftigt werden.“

„Auch die passiven Dehnungsübungen lassen sich unterteilen in dynamische und statische Dehnungen.“

„Bei den passiven-dynamischen Dehnungsübungen kommt es zu einem rhythmischen Wechsel von Erweiterung und Verringerung der Bewegungsamplitude.“

Beim passiven-statischen Dehnen wird die Dehnposition mit einer langsamen Bewegung eingenommen und dann längere Zeit (mehrere Sekunden bis Minuten) unbeweglich beibehalten (Sölveborn & Nilsson, 1983; Weineck, 2004).

1.4.4 Anspannen – Entspannen / Contract-Relax / Propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation

„Bei dieser Methode wird der zu dehnende Muskel unmittelbar vorher maximal angespannt. Dadurch wird die hemmende Wirkung der Sehnenspindele auf den Dehnungsreflex ausgenutzt: Durch die Eigenhemmung kommt es zur Entspannung des Muskels und es kann eine erweiterte Dehnstellung eingenommen werden.“ (Weineck, 2004) Diese Definition beruht auf Sölveborn und Nilsson (1983).

1.5 Geschichte des Stretchings

Das Wort Stretching «to stretch» kommt vom Englischen und bedeutet: Dehnen, recken, strecken (Pleisteiner, 2004).

Das Stretching hat seinen Ursprung in der orientalischen Kampfkunst «Martial Arts», die schon 5000 Jahre vor Christus praktiziert wurde (Miyamoto, 2006). Ein anderes Konzept das sich ursprünglich mit Stretching auseinander setzte, ist Yoga. Im Yoga wird versucht durch Körperpositionen, Meditation und Bewegungsabläufe den Körper, den Geist und die Seele in Einklang zu bringen, um die spirituelle Erleuchtung zu erlangen. Um diese Körperpositionen einzunehmen und zu halten, ist eine grosse Flexibilität Voraussetzung. Yoga wird als ganzheitlicher Übungsweg schon länger als 5000 Jahre praktiziert (Panjali & Deshpande, 2001).

Klee und Wiemann (2005) unterteilten die Geschichte des Stretchings in verschiedene Phasen.

Vor 1980 wurde dem Dehnen wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Im Vordergrund stand die Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit (ROM), welche vor allem durch ballistisches Dehnen erhofft wurde. Deshalb bezeichneten die Autoren diese Epoche als naive Phase. Während der dogmatischen Phase (1980-1985) kritisierten Anderson, Sölveborn und Knebel das ballistische Dehnen. Sie waren der Meinung, dass diese Technik nutzlos und schädlich sei. So entstand das «klassische» Stretching. Neben dem statischen Dehnen entstanden auch neue Arten des Dehnens, wie das Contract-Relax Stretching (Klee & Wiemann, 2005). Das Stretching hatte laut Anderson (2000) nicht nur die Verbesserung der ROM zum Ziel, sondern auch die Verbesserung des seelischen Wohlbefindens. Die erste Wissenschaftliche Phase begann 1985. Es wurden zahlreiche Studien publiziert, welche die klinischen Effekte von Stretching auf Menschen untersuchten (Klee & Wiemann, 2005). Nach der ersten wissenschaftlichen Phase begann die Untersuchung an Tieren. Diese Phase definierten Klee und Wiemann (2005) als zweite wissenschaftliche Phase. Anlass für die Untersuchungen an Tieren waren die weit auseinandergehenden und zum Teil kontroversen Resultate der Studien an Menschen. Da der Effekt des Stretchings nicht klar war, versuchte man die Anpassungsmechanismen des Stretchings anhand von Tierversuchen zu erklären (Klee & Wiemann, 2005).

1.6 Definitionen Kraft

Im folgenden Kapitel definieren wir Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer. Da es sich um Outcomes der eingeschlossenen Studien handelt.

Weineck (2004) unterteilt in seinem Buch «Optimales Training» die Kraft in vier Hauptformen: Maximalkraft, Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer. In den verschiedenen Sportarten treffen wir meistens auf eine Kombination der verschiedenen Kraftarten. Oft dominiert eine Kraftart, jedoch tritt sie selten in ihrer abstrakten «Reinform» auf (Weineck, 2004).

1.6.1 Maximalkraft

Die Maximalkraft ist die höchstmögliche willkürliche Kraft, die das Muskel-Nervsystem bei maximaler Kontraktion auszuüben vermag. Sie ist abhängig vom Muskelquerschnitt und von der intramuskulären und intermuskulären Koordination. Ihre Verbesserung erreicht man über die Förderung einer dieser drei Komponenten (Weineck, 2004).

Es gibt drei verschieden Arten von Muskelkontraktionen: Die isometrische, konzentrische und exzentrische Muskelkontraktion.

Die isometrische Muskelkontraktion ist eine Muskelkontraktion ohne Änderung der Muskellänge. Das bedeutet, dass der Abstand von Ursprung und Ansatz des Muskels, während der Kontraktion, gleich gross bleibt (Van Praagh, 2007).

Die konzentrische Kontraktion ist eine Muskelkontraktion, bei der sich Ursprung und Ansatz der Muskelsehnen annähern. Die Kontraktion beinhaltet eine Verkürzung der Muskellänge (Weineck, 2004).

Bei der exzentrischen Muskelkontraktion wird der Abstand von Ursprung und Ansatz der Muskelsehnen, während der Kontraktion grösser. Die Muskellänge wird während der Kontraktion verlängert (Van Praagh, 2007).

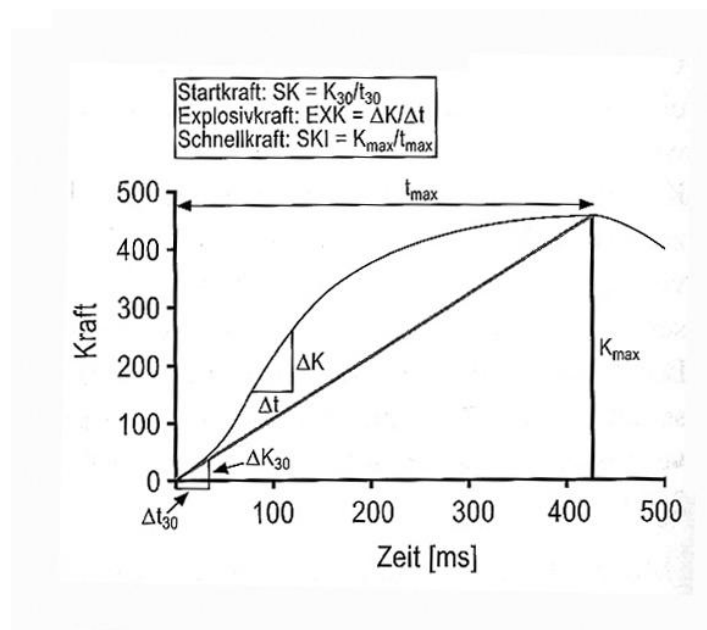
„Maximale konzentrische Kraftwerte liegen etwa 5% bis 20% unter den isometrischen Maximalkraftwerten und die Isometrischen bis zu 45% unter den exzentrischen Maximalkraftwerten (Weineck, 2004).“

Eine weitere Art der Maximalkraft ist die isokinetische Kraft. Charakteristisch für die isokinetische Kraft ist der gleichmässige Bewegungsablauf. Isokinetische Trainingsge-

räte gewährleisten in jeder Bewegungsphase einen konstanten Widerstand und eine gleich bleibende Geschwindigkeit, unabhängig von der Grösse des jeweiligen Drehmoments. Die isokinetische Maximalkraft kann sowohl konzentrisch wie auch exzentrisch gemessen werden (Bührle, 1985; Weineck, 2004).

1.6.2 Schnellkraft

Die Schnellkraft beinhaltet die Fähigkeit des Muskel-Nervsystems, den Körper, Teile des Körpers oder Gegenstände mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen. Die Schnellkraft kann in einer Kraftzeitkurve (K/t) dargestellt werden. Die ersten 30ms (K_{30}/t_{30}) zeigen die Startkraft. Der steilste Anstieg der Kraftkurve stellt die Explosivkraft ($\Delta K/\Delta t$) dar. Die Schnellkraft (K_{\max}/t_{\max}) zeichnet sich durch den Kraftanstieg vom Start bis zum Erreichen des Kraftmaximums aus. Die Schnellkraft ist also abhängig von Start- Explosiv- und Maximalkraft (Bührle, 1985; Weineck, 2004).



T_{\max} : Maximale Zeit, K_{\max} : Maximale Kraft, Δt : Differenz Zeit, ΔK : Differenz Kraft, Δt_{30} : Differenz Zeit die ersten 30 ms, ΔK_{30} : Differenz Kraft die ersten 30 ms, ms: Millisekunden

Abb. 1 Kraft-Zeit-Kurve (Weineck, 2004)

1.6.2.1 Plyometrie

Die Plyometrie setzt sich aus Schnellkraft und Maximalkraft zusammen. Bei der Plyometrie gibt es einen Wechsel von einer exzentrischen zu einer konzentrischen Muskelkontraktion. Dieser Zyklus wird Dehnungs-Verkürzungszyklus (DVZ) genannt. Es wird zwischen einem langen und einem kurzen DVZ unterschieden. Wenn der Wechsel von der exzentrischen zur konzentrischen Muskelaktion weniger als 200 Millisekunden beträgt, spricht man von einem kurzen DVZ. Beim langen DVZ ist der Wechsel, der exzentrischen zur konzentrischen Muskelaktion, länger als 200 Millisekunden (Weineck, 2004). Der Dehnungs-Verkürzungszyklus generiert mehr Kraft als eine einfache Kontraktion. Die Hauptgründe für die erhöhte Kraftgeneration sind die Voraktivierung des Muskels, der Dehnungsreflex und die elastische Komponente des Muskels (McArdle, Katch, & Katch, 2001). Diese Abfolge muskulärer Kontraktionen ist wichtig bei Sportarten wie Fussball, Volleyball oder Basketball. Vor allem bei Sprüngen und Würfungen wird dies beobachtet (Weineck, 2004).

1.6.2.2 Counter Movement Jump (CMJ)

Um die Plyometrie der unteren Extremitäten zu messen, ist die Technik des CMJ bestens geeignet und weit verbreitet. Bosco u. a. (1983) haben gezeigt, dass der CMJ eine simple Methode ist und hohe Reliabilität hat ($r=0.95$).

Die Probanden starten in einer aufrechten Position und dürfen keine Pause zwischen der Beugung und Streckung (Abstoss Phase) der Knie machen (Hunter & Marshall, 2002).

1.6.2.3 Single Hop For Distance

Die Probanden stehen auf einem Bein und werden instruiert so weit wie möglich zu springen und auf demselben Bein zu landen. Es wird die Distanz zwischen Anfangspunkt und Endpunkt gemessen (Ross, 2007). Die Intra-Rater Reliabilität dieses Testes beträgt 0.96 (Bolgla & Keskula, 1997).

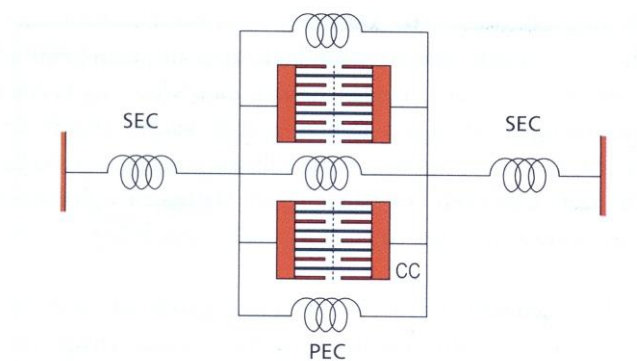
1.6.2.4 Rebound Bench Press

Die Probanden liegen auf dem Rücken und halten ein Gewicht mit beiden Händen. Das Gewicht wird zur Brust gesenkt und direkt wieder hochgestemmt (Wilson, Elliott, & Wood, 1992). Die Inter-Rater Reliabilität dieses Testes beträgt 0.95 (Alemany u. a., 2005).

1.7 Physiologie des Dehnens

Um die Funktionsweise der Muskel-Sehnen-Einheiten und die mechanische Wirkung von Dehnungen zu verstehen und zu diskutieren, ist es wichtig, den Aufbau des muskulo-tendinösen Systems zu kennen.

Muskelzellen vereinen sich am proximalen und distalen Ende zu einer Sehne oder Aponeurose. Der seriell-elastische (SEC) Teil des Muskels besteht aus Sehnen und dem Bindegewebe in den kontraktile Proteinen (CC). Die parallel-elastische Komponente (PEC) besteht aus Faszien, Membranen, Sarkolemm und Sarkoplasma (Ylinen, 2009).



SEC: Seriell elastische Komponente, PEC: Parallel elastische Komponente, CC: Kontraktile Proteine

Abb. 2 Muskelaufbau 1, (Ylinen, 2009)

Das Sarkomer ist die kontraktile Muskeleinheit, das sich aus Aktin- und Myosinfilamenten sowie nichtkontraktilen Muskelproteinen (z.B. Titin) zusammensetzt. Die Sarkomere sind in einer Reihe angeordnet und bilden die Myofibrillen, die von sarkoplasmatischen Retikula umgeben werden. Muskelfasern bestehen aus Myofibrillenbündeln mit einer Hüllmembran (Endomysium). Faszikel bestehen aus parallel verlaufenden Muskelfasern, die vom Perimysium umgeben werden. Ein Muskel besteht aus mehreren Faszikeln, die vom Epimysium umgeben sind.

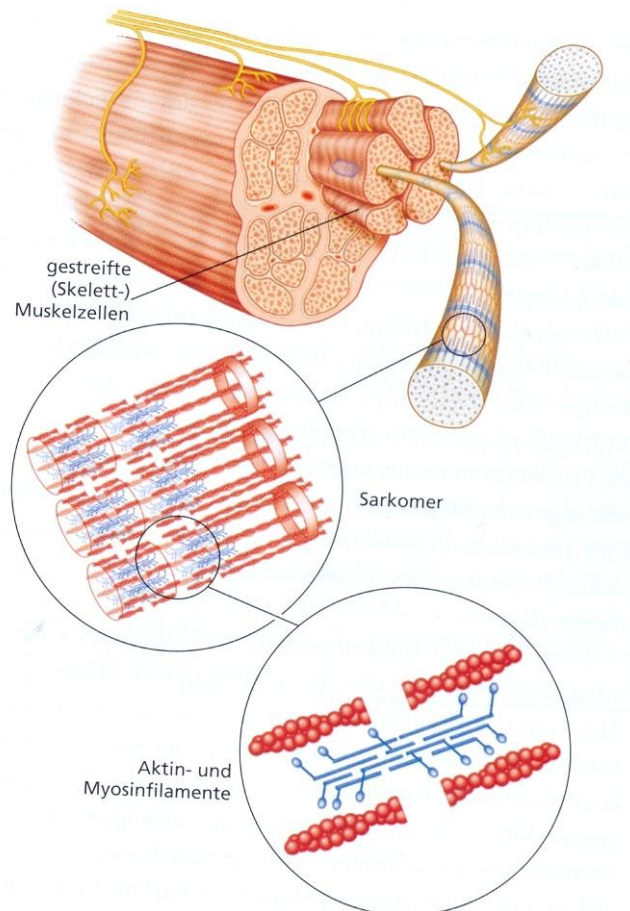


Abb. 3 Muskelaufbau 2 (Ylinen, 2009)

Bei der muskulären Dehnung verteilt sich die gespeicherte Energie gleichmässig auf SEC und PEC. Der passive Bewegungswiderstand bei statischen Dehnungen hängt primär von den Hüllmembranen und Faserverbindungen in den Sarkomeren ab. Die Hüllmembranen und Faserverbindungen bestehen aus langkettigen Proteinen, die nicht kontraktile sind. Das Protein Titin trägt am stärksten zum passiven Dehnungswiderstand bei (Wiemann, Klee, & Stratmann, 1998). Ein anderes wichtiges Protein ist das Desmin, welches auch den passiven Dehnungswiderstand beeinflusst. Der Mengenanteil von Titin und Desmin hängt von der Muskelmasse ab. Je grösser ein Muskel ist, desto grösser ist der Anteil von Desmin und Titin (Rubini, Costa, & Gomes, 2007). Elektromyografisch kann man bei einem entspannten Muskel eine geringe Aktivität messen, die aber zu wenig signifikant ist, um den passiven Widerstand bei Dehnungen zu verursachen (Ce, Parachino, & Esposito, 2008).

Proske und Morgan (1999) sind überzeugt, dass bei der passiven Dehnung vor allem drei Strukturen betroffen sind: Das Bindegewebe, die elastischen Elemente der Sarkomere und die Aktin- und Myosinfilamente. Chronologisch überträgt sich die Dehnung

vom Sehnen-Knochen Übergang auf den Sehnen-Muskel Übergang, auf die elastischen Elemente und zum Schluss auf die intramuskulären Strukturen (Proske & Morgan, 1999). Die Zugkraft der Dehnung wird auf eine direkte oder indirekte Art übertragen (Mathieu u. a., 2007).

Die Direkte: Durch die Basallamina und die Costomere, die das Aktin der Sarkomere mit dem Kollagen der Sehnen verbindet. Die Basallamina ist eine Proteinschicht, die Oberflächenepithelien gegenüber dem Bindegewebe abgrenzt. Die Costomere sind Proteinkomplexe, die bei Kontraktionen der Sarkomere die Kraft von den Myofibrillen auf die extrazelluläre Matrix übertragen (Mathieu u. a., 2007).

Die Indirekte: Die Myofibrillen sind mit den Sarkomeren über die Costomere verbunden. Die Sarkomere sind untereinander durch das Protein Desmine verbunden. Diese elastischen Elemente sind verantwortlich für die Übertragung der Zugkraft auf die verschiedenen Membranen und Aponeurosen (Mathieu u. a., 2007).

1.8 Die physiologischen, psychologischen und sozialen Mechanismen der Dehnung

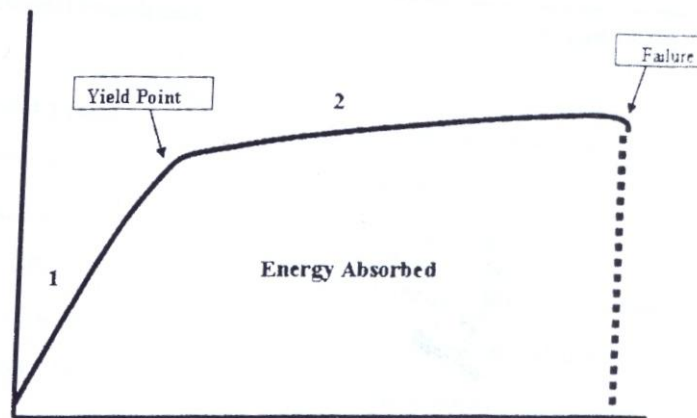
Im folgenden Kapitel erläutern wir die verschiedenen Mechanismen der Dehnung: Die Veränderung der Muskelsteifheit, die neurologische und strukturelle Adaptation, die hormonellen Veränderungen, die psychologischen und sozialen Wirkungsmechanismen.

1.8.1 Steifheit

Die Steifheit ist die Resistenzfähigkeit eines Gewebes auf eine Längenveränderung. Passive Steifheit resultiert aus dem Verhältnis einer Differenz der ausgeübten Kraft (F) über einer Differenz der Länge (L) ($\Delta F/\Delta L$) (Stone u. a., 2006). In der Literatur wird die muskuläre Steifheit auch als passive viskoelastische Steifheit, passive elastische Steifheit oder als passive Steifheit bezeichnet. Die Steifheit wird üblicherweise während einer konstant langsamen, dynamischen Dehnung gemessen, um einen Dehnreflex zu vermeiden (Gajdosik, 2001). Die passive Compliance ist das Antonym der passiven Steifheit ($\Delta L/\Delta F$). Die beiden Begriffe repräsentieren dieselbe physiologische Reaktion aus der reziproken Perspektive (Gajdosik, 2001).

Eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Muskelsteifheit verändert die Kraft-Dehnungskurve. Auf der Abbildung 4 ist eine Kraft-Dehnungskurve abgebildet, in welcher das Muskelgewebe bis zur Ruptur gedehnt wird. Ein Muskel wird aus einer minimalen Länge passiv gedehnt bis zum Erreichen einer ersten passiven Resistenz (1). Die

erste Resistenz wird initiale passive Resistenz genannt. Wird der Muskel über seine initiale Länge gedehnt, erreicht er die maximale passive Resistenz (2). Dies entspricht der maximalen Länge des Muskel-Bandapparates. Wird der Muskel über die maximale passive Resistenz gedehnt, tritt eine Ruptur am Ende der Muskelfasern oder in der muskulotendinösen Verbindung auf (Gajdosik, 2001).



1: Initiale Resistenz, 2: Maximale, passive Resistenz, Yield Point: Erste Dehngrenze, Failure: Ruptur des Muskels
Abb. 4 Kraft-Dehnungskurve (Stone u. a., 2006)

Je grösser die Verlängerung des Muskel-Sehnenapparates ist, desto grösser ist die Kraftabsorption. Die Absorption der Energie ist eine wichtige Eigenschaft von dehnbarem Gewebe. Je mehr Energie absorbiert wird, desto dehnresistenter ist der Muskel (Stone u. a., 2006).

Ein Muskel kann aktiv kontrahiert werden, um einem Stretchreiz entgegenzuwirken (exzentrische Kontraktion). Dies zeigt, dass ein Muskel seine Steifheit aktiv beeinflussen kann. Eine Kontraktion während eines Stretchreizes erhöht die Energieabsorption und verschiebt somit den Moment einer Ruptur (Stone u. a., 2006).

Ein steifer Muskel benötigt mehr Energie, um auf eine bestimmte Länge gedehnt zu werden. Somit hemmt die Muskelsteifheit die Flexibilität. Was zudem betrachtet werden muss, ist die Tatsache, dass Veränderungen der Steifheit das Feedback des neuralen Systems beeinflusst (Stone u. a., 2006). Somit braucht ein weniger steifer Muskel weniger Energie um eine bestimmte Bewegungsamplitude zu erreichen, als ein steifer Muskel. Dies wird vom neuralen System erkannt und dadurch wird weniger Kraft vom Antagonisten verlangt um eine ökonomische Bewegung zu garantieren.

Studien zeigten, dass ein vergrössertes Bewegungsausmass in Verbindung mit einer verkleinerten Muskelsteifheit steht (Avela, Kyrolainen, & Komi, 1999; Guissard & Duchateau, 2006; Magnusson, Simonsen, Aagaard, & Kjaer, 1996).

Die passive Muskelsteifheit kann durch Stretching beeinflusst werden. Die Wissenschaft zeigte, dass akutes Stretching die Muskelsteifheit vermindert (Avela & Komi, 1998; Stone u. a., 2006).

Kontrovers beschrieben mehrere Autoren, dass die muskuläre Steifheit nicht durch akutes Stretching beeinflusst wird (Cornwell, Nelson, Heise, & Sidaway, 2001; Unick, Kieffer, Cheesman, & Feeney, 2005).

Chronisches Stretching über 3-4 Wochen verändert die Muskelsteifheit nicht (Kubo, Kanehisa, & Fukunaga, 2001; Kubo, Kanehisa, Kawakami, & Fukunaga, 2001; Magnusson u. a., 1996). Guissard und Duchateau (2006) untersuchten 30 Trainingseinheiten in denen passiv-statisch gedehnt wurde. Sie beobachteten eine Reduktion der Muskelsteifheit. Der Grund für die Verkleinerung der Steifheit könnten auch Ermüdungserscheinungen sein und müssen nicht Auswirkungen des akuten Stretchings sein (Guissard & Duchateau, 2006).

1.8.2 Neurologische Adaptation

Es liegt keine einheitliche Meinung zur neuralen Adaptation beim Dehnen vor. Einige Autoren versuchten die möglichen neuralen Mechanismen anhand des akuten Effekts von Stretching auf die muskuläre Kraft, zu erklären.

Fowles, Sale und MacDougall (2000) zeigten, dass nach dem Stretching die elektromyographische Aktivität vermindert ist, was sich in einer verminderten willkürlichen maximalen Kontraktion von 28% manifestiert. Die maximale Kontraktion war nach einer Stunde immer noch um 9% vermindert.

Avela, Kryolainen und Komi (1999) zeigten, dass während der ersten Stunde nach dem Dehnen die Reizbarkeit der Muskelspindel auf weiteres Dehnen vermindert ist. Dies scheint mit einer verringerten Aktivität der Muskelafferenzen zusammenzuhängen. Diese reagieren empfindlich auf eine Stoffwechselermüdung und/oder Muskelschäden, was zu einer Faszilitationshemmung der α -Motoneuronen führt und dadurch die elektromyographische Aktivität vermindert. Dadurch verringert sich der willkürliche Antrieb durch die α -Motoneurone und weniger Kraft wird produziert.

Drei Studien zeigten, dass die Längenzunahme des Muskels bei chronischem Stretching nicht auf eine Veränderung der Muskelelastizität zurückzuführen ist, sondern auf eine höhere Schmerztoleranz beim Dehnen (Halbertsma, van Bolhuis, & Göeken, 1996; Magnusson, 2007; Toft, Sinkjaer, Kaalund, & Espersen, 1989). Die Autoren vermuten, dass Dehnen die Sensibilität der Muskel-, Sehnen- und Gelenkrezeptoren vermindert und die Nozizeptoren beeinflusst, was zu einer verspäteten neuromotorischen Antwort nach dem Dehnen führt.

1.8.3 Strukturelle Adaptation

Es existiert keine einheitliche Meinung um den Mechanismus der strukturellen Adaptation zu erklären. Die Meinungen der Autoren in den publizierten Artikeln basieren zum grössten Teil auf Vermutungen und kaum auf wissenschaftlichen Beweisen.

Kubo u. a. (2001) beobachteten die strukturellen Veränderungen der medialen Gastrocnemiussehne und Aponeurose vor und nach dem Stretching. Ihre Resultate zeigten, dass nach zehn Minuten statischer Dehnung die Viskosität der Muskelsehne abnimmt und sich die Elastizität erhöht. Dieselben Autoren analysierten die viskoelastischen Veränderungen anhand von chronischem Stretching. Die Probanden dehnten zweimal täglich während 20 Tagen. Die Autoren erkannten, dass die Viskosität der Muskelsehne abnimmt, sich jedoch die Elastizität nicht verändert (Kubo, Kanehisa, & Fukunaga, 2002).

Edman (1996) stellte anhand von Tierversuchen dar, dass während einer Dehnung vor allem das Protein Titin verändert und gedehnt wird. Seine Schlussfolgerung ist, dass Titin hauptverantwortlich für die muskuläre Elastizität ist.

1.8.4 Hormonelle Veränderungen

In den letzten zwanzig Jahren untersuchten verschiedene Studien den Zusammenhang zwischen Stretching und hormonellen Veränderungen. Goldspink u. a. (1995) entdeckten eine erhöhte Insulinproduktion bei Mäusen in der (IGF)-1 Messenger RNA (mRNA). Dies nachdem er die Tiere mehrere Tage in einem Gipsverband dehnte. Yang, Alnaqeeb, Simpson und Goldspink (1996) fanden heraus, dass bei Hasen nach einer Dehnapplikation ein erhöhter IGF-1-Isoformspiegel vorhanden ist. Dieses Hormon steht in Verbindung mit einer Stimulation der Proteinsynthese und einer muskulären Hypertrophie. IGF-1 kontrolliert die Reparatur, Erhaltung und Umformung von Gewebe.

Day, Moreland, Floyd und Huard (1997) vermuten, dass durch die Stimulation der Proteinsynthese, durch ununterbrochenes, zehn tägliches Stretching, eine höhere Proliferation von Myoblasten entsteht, welche zu einer muskulären Hypertrophie führt.

Drei Studien vermuten, dass Stretching eine muskuläre Hypertrophie generiert und somit die Muskelkraft erhöht (Day u. a., 1997; Worrell, Smith, & Winegardner, 1994; Yang u. a., 1996). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die experimentelle Forschung an Tieren nicht direkt auf den Menschen übertragen werden kann und die dargestellten Ergebnisse nur hypothetisch auf den Menschen zu übertragen sind (Klee & Wiemann, 2005).

1.8.5 Psychologischer und sozialer Effekt

Ein Grund für Stretching nach einer sportlichen Aktivität sind die psycho-regulativen Wirkungen im Sinne einer Sensibilisierung der Körperwahrnehmung, sowie eines mentalen Entspannungseffektes. Die Entspannung, die während dem Stretching empfunden wird, ist physiologisch nicht nachweisbar. Dennoch sind die subjektiven Gefühle vorhanden und sollten als mentaler, positiver Effekt bewertet werden. Alleine die Tatsache, dass sich die Sportler fünf bis zehn Minuten pro Tag auf ihren Körper und ihre Atmung konzentrieren, spricht für einen positiven psychologischen Effekt des Stretchings (Wydra, 1997).

Wir denken, dass der soziale Effekt eines Dehnprogrammes nicht vergessen werden darf. Durch das gemeinsame Stretching in der Gruppe kann der Gruppenzusammenhalt gestärkt werden, was die Teamfähigkeit der einzelnen Sportler erhöht. Stretching fördert die Bereitschaft zu kooperativem Handeln und stellt Anforderungen an Sozialverhalten.

1.9 Der Effekt von Stretching

In diesem Kapitel beschreiben wir den Effekt von Stretching auf die Kraft, das Verletzungsrisiko, den Muskelkater und die Running Economy. In den letzten Jahrzehnten wurde viel über diese Themen publiziert und diskutiert.

1.9.1 Der Effekt von Stretching auf die Kraft.

Im folgenden Paragraphen erläutern wir den Effekt von akutem und chronischem Stretching auf die muskuläre Kraft. Es muss differenziert werden ob chronisch oder akut gedehnt wird, da der Effekt nicht derselbe ist.

1.9.1.1 Bei akutem Stretching

Rubini, Costa und Gomes (2007) die eine systematische Review erstellten, beschrieben den Effekt von akutem Stretching auf die isotonische, isometrische und isokinetische Kraft. Eingeschlossen wurden 30 Studien die eine Verschlechterung der Kraft von 4.5% - 28% feststellten. In diesen Studien wurde ausschliesslich passiv-statisches und Contract-Relax Stretching angewandt. Shrier (2004) untersuchte ebenfalls den Effekt von akutem Stretching auf die Kraft. Bei Contract-Relax und passiv-statischem Stretching gibt es eine Verminderung der isometrischen und isokinetischen Maximalkraft, statischer Sprunghöhe, CMJ Sprunghöhe und Drop Jumps Sprunghöhe. Die Verschlechterung der erwähnten Krafttests variierte zwischen zwei und fünf Prozent. Diese Verschlechterung ist relevant für Spitzensportler, da an einer Olympiade die Podestplätze meistens näher als fünf Prozent zusammen sind.

Akutes Stretching verursacht eine Verminderung der Muskelsteifheit, was zu einem höheren Absorbieren von Energie führt (Stone u. a., 2006). Das heisst, dass unmittelbar nach dem Stretching, Kraft durch die elastischen Muskelfasern absorbiert wird, was zu einer verminderten Maximalkraft führt. Fowles u. a. (2000) vermuten, dass die Dehnung, durch die vorübergehende Längenzunahme, einen negativen Einfluss auf den exzitatorischen Dehnungsreflex an Muskelspindeln ausübt und dadurch die Muskelkraft vermindert. Avela u. a. (1999) zeigten, dass die maximale, isometrische Kraft und die elektromyografische Aktivität (EMG) nach dem Dehnen abnehmen. Dies ist mit einer verringerten Empfindlichkeit des Dehnungsreflexes verbunden.

1.9.1.2 Bei chronischem Stretching

Shrier (2004) untersuchte mittels einer systematischen Review, anhand von neun Studien, den Effekt von chronischem Stretching auf die Kraft. Sieben der eingeschlossenen Studien zeigten eine klinische Evidenz für Stretching, um die willkürliche maximale Kontraktion, isokinetische konzentrische und exzentrische Maximalkraft und den CMJ zu verbessern. Zwei der eingeschlossenen Studien zeigten weder eine Verbesserung, noch eine Verschlechterung der Kraft durch Stretching. In einer anderen Studie von Shrier (2005) wird erwähnt, dass die Leistungsverbesserung der Maximalkraft durch Stretching zwischen zwei und fünf Prozent variiert.

Rubini u.a. (2007) vermuten einen klinischen Effekt für chronisches Stretching auf die Kraft, obwohl der akute Effekt auf die Kraft negativ ist.

Es wird vermutet, dass die Verbesserung der Maximalkraft durch Stretching auf eine muskuläre Hypertrophie zurückzuführen ist (Klinge u. a., 1997; Kokkonen, Nelson, Eldredge, & Winchester, 2007). Es wurde an Tieren gezeigt, dass eine kontinuierlich applizierte Dehnung während zehn Tagen eine Proliferation der Myoblasten verursachen kann (Day u. a., 1997). Gezeigt wurde zudem, dass durch 30 Minuten tägliches Stretching die Anzahl der Sarkomere zunimmt (Williams, 1990). Stauber u. a. (1994) entdeckten, dass die Muskelmasse bei Ratten nach dreimal dehnen pro Woche während vier Wochen, um 13% zunimmt.

1.9.2 Der Effekt von Stretching auf das Verletzungsrisiko

Flexibilität wird häufig in Verbindung mit muskulären Verletzungen gebracht. Die Mechanismen, welche eine Rolle spielen, sind noch nicht geklärt (Stone u. a., 2006). Im nächsten Paragraphen erklären wir die möglichen Mechanismen die dabei eine Rolle spielen könnten und zeigen Studien, die sich mit diesem Thema auseinander gesetzt haben. Wir unterscheiden akutes und chronisches Stretching.

1.9.2.1 Effekt bei akutem Stretching

Die Wichtigkeit von Stretching vor einer sportlichen Aktivität wurde in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren untersucht (Herbert & De Noronha, 2007; Shrier, 1999; Thacker, Gilchrist, Stroup, & Kimsey, 2004). Die Studien zeigten, dass Stretching unmittelbar vor der sportlichen Aktivität das Verletzungsrisiko nicht senkt. Dies gilt für Mitglieder des Militärs, für Jugendliche sowie für ältere Menschen (Shrier, 2005).

Andere Arbeiten zeigten, dass es eine klinische Evidenz für akutes-passives Dehnen auf muskuläre Verletzungen gibt (Amako, Oda, Masuoka, Yokoi, & Campisi, 2003; Bixler & Jones, 1992; Ekstrand, Gillquist, & Liljedahl, 1983; Hadala & Barrios, 2009). McHugh und Cosgrave (2010), die eine systematische Review zu diesem Thema publizierten, kritisierten die schlecht ausgewählte Population der Studien, die gegen eine Verletzungsprävention durch Stretching sprechen. Es wurden vorwiegend Bevölkerungsgruppen eingeschlossen, die ein hohes Risiko für Überlastungsschäden vorweisen. Jedoch hat Stretching keinen Effekt zur Prävention von Überlastungsschäden.

Jamtvedt u. a. (2009) untersuchten anhand von 2377 Probanden den Effekt von Stretching, vor und nach einer sportlichen Aktivität, auf das Verletzungsrisiko von Muskelschäden. Die Studie dauerte 12 Wochen. Sie stellten fest, dass es in der Stretchinggrup-

pe viermal weniger zu muskulären Verletzungen kam, als in der Kontrollgruppe (HR=0.75, 95% CI 0.59 bis 0.96).

1.9.2.2 Bei chronischem Stretching

Die meisten muskulären Verletzungen resultieren nicht aus einer zu grossen Amplitude der Bewegung (Stone u. a., 2006). Zum Beispiel bei einer Zerrung der ischiocruralen Muskulatur eines Sprinters, resultiert die Verletzung nicht aus einer Überstreckung des Knies oder einer zu grossen Flexion in der Hüfte, sondern durch eine exzentrische Spannung des Muskels in einer normalen Bewegungsamplitude. Zwei Studien untersuchten den Effekt von chronischem Stretching auf die Prävention von Verletzungen. In beiden Studien wurde eine klinische Signifikanz für das Stretching zur Senkung des muskulären Verletzungsrisikos festgestellt. Dies zeigt, dass möglicherweise chronisches Stretching für die Reduktion der Verletzungsgefahr effektiv ist. Weitere Studien in diesem Bereich sind nötig um eine wissenschaftliche Evidenz nachzuweisen.

1.9.3 Der Effekt von Stretching auf Muskelkater

In diesem Kapitel beschreiben wir den Effekt der Dehnung auf den Muskelkater. Es ist wichtig, dass zwischen Pre-Excercise, Post-Excercise und chronischem Stretching differenziert wird, weil sich die Effekte reziprok verhalten.

1.9.3.1 Bei Pre- und Post-Excercise Stretching

Herbert und De Noronha (2007) analysierten anhand von sieben Studien, den Effekt von Post-Excercise Stretching auf den Muskelkater. Untersucht wurde eine gesunde Population mit einem Durchschnittsalter von 26 Jahren. Sechs Studien untersuchten den Effekt von passiv- statischem Stretching. Eine Studie wählte als Intervention die Contract-Relax (CR) Technik. In allen sieben Studien wurde keine statistische Signifikanz festgestellt, dass Stretching Muskelkater während den ersten drei Tagen vermindert. Zudem wurde der Effekt von Pre-Excercise Stretching untersucht. Die drei eingeschlossenen Studien zeigten, dass Pre-Excercise Stretching kein statistisch signifikanter Effekt zur Verminderung von Muskelkater hat.

1.9.3.2 Bei chronischem Stretching

Proske und Morgan (2001) untersuchten den Effekt von chronischem Stretching auf den Muskelkater. Muskelkater entsteht durch eine exzessive Verlängerung von Sarkomeren, die zu Mikrotraumatismen führt. Vermutet wird, dass eine höhere Compliance der Muskelsehne zu weniger Muskelschäden während exzentrischen Muskelkontraktionen

führt. Deshalb denken die Autoren, dass regelmässiges Stretching den Muskelkater positiv beeinflussen kann (Proske & Morgan, 2001).

1.9.4 Der Effekt von Stretching auf die Running Economy

Die Running Economy misst den Sauerstoffverbrauch eines Menschen bei einer vorgegebenen Laufgeschwindigkeit. Jemand der weniger Sauerstoff verbraucht, besitzt eine bessere Running Economy (Noakes, 2003).

Einleitend zu diesem Thema muss gesagt werden, dass ein definitives Model der Running economy noch nicht vorliegt. Welche Faktoren zu einer optimalen Running Economy beitragen ist noch unklar. Biomechanische Studien haben gezeigt, dass folgende Faktoren eine Rolle spielen können: Proportionen der Körpermasse, Schrittlänge und Schrittfrequenz, Mechanische Energieübertragung zwischen den Körpersegmenten, Bodenreaktionskräfte, Gelenkbeweglichkeit und das Längenverhältnis der Muskelsehne zum Muskelbauch (Martin & Morgan, 1992; Morgan, Martin, & Krahenbuhl, 1989). Uns interessiert vor allem der Faktor der Gelenkbeweglichkeit, weil sich das Bewegungsausmass durch Stretching beeinflussen lässt. In den nächsten Paragraphen erklären wir den Effekt von akutem und chronischem Stretching auf die Running Economy.

1.9.4.1 Bei akutem Stretching

Akutes Stretching erhöht die Viskoelastizität der Muskeln und Sehnen (Halbertsma u. a., 1996; Magnusson & Renström, 2006). Dadurch verbraucht der Antagonist des gedehnten Muskels weniger Energie um eine Bewegung auszuführen. Dies untermauert die klinische Evidenz, dass sich die Running Economy durch akutes Stretching verbessert könnte. Eine wissenschaftliche Signifikanz für diese These wurde bis heute noch nicht belegt (Shrier, 2005).

1.9.4.2 Bei chronischem Stretching

Zwei Studien untersuchten den Effekt von chronischem Stretching auf die Running Economy (Caplan, Rogers, Parr, & Hayes, 2009; Nelson, Kokkonen, Eldredge, Cornwell, & Glickman-Weiss, 2001).

Caplan u. a. (2009) untersuchten 18 Rugbyspieler während fünf Wochen. Sie applizierten passiv-statisches Stretching oder proprioceptive neuromuskuläre Faszilitation. In beiden Gruppen wurde eine positive Veränderung der Running Economy beobachtet. Die Veränderung zeigt sich durch eine Vergrösserung der Schrittlänge und einer Verringerung der Schrittfrequenz.

Nelson, Kokkonen, Eldredge, Cornwell und Glickman-Weiss (2001) untersuchten 32 Studenten, die während zehn Wochen statisch dehnten. Im Vergleich zur Kontrollgruppe, wurden ein vergrößerter Bewegungsumfang und ein unveränderter VO₂ Max-Wert festgestellt. Die Schlussfolgerung der Autoren ist, dass chronisches Stretching die Running Economy nicht negativ beeinflusst, aber dass weitere Studien durchgeführt werden müssen um den genauen Effekt zu klären.

1.10 Relevanz der vorliegenden Review

Von sporadischen Sportlern bis zu Weltklasseathleten, alle versuchen durch Kraftaufbau und durch Stretching ihre körperliche Leistungsfähigkeit zu verbessern (Shrier, 2005).

In den letzten Jahren wurden verschiedene Artikel, Studien oder systematische Reviews zu den Themen Stretching und Kraft verfasst (Haff, 2006; I. Shrier, 1999, 2005; Magnusson & Renström, 2006). Es gibt jedoch noch keine einheitlichen Resultate, da sich die Autoren nicht einig sind über die Effekte und Wirkmechanismen, die durch Stretching verursacht werden.

Shrier (2004) und Rubini u. a. (2007) publizierten systematische Reviews, welche unter anderem die Veränderung der Kraft durch chronisches Stretching untersuchten. Jedoch führten sie keine Analyse der Biasrisiken durch und erstellten keine Metaanalyse.

Die Studien verweisen darauf, dass noch weitere Recherchen durchzuführen sind. Dies zeigt die Wichtigkeit unserer Studie und die Notwendigkeit, die aktuellen Forschungsergebnisse zu analysieren und zusammenzufassen.

1.11 Ziel der Review

Basierend auf der aktuellen Literatur untersuchen wir, ob chronisches (15-91 Tage) Stretching (passiv-statisch und CR) kombiniert mit Kraftaufbau, vereinsinternem Training oder gewohnten sportlichen Aktivitäten einen Effekt auf die Parameter der Kraft (Plyometrie, Schnellkraft, Maximalkraft) hat.

1.12 Hypothese der Review

Chronisches Stretching von mindestens 15 und maximal 91 Tagen, kombiniert mit einem Kraftaufbau hat einen positiven Effekt auf die Kraftparameter (Plyometrie, Schnellkraft, Maximalkraft).

1.13 Frage der Recherche

Hat chronisches Stretching kombiniert mit Kraftaufbau, vereinsinternem Training oder gewohnten sportlichen Aktivitäten einen Effekt auf die Plyometrie, Schnellkraft, oder Maximalkraft bei gesunden Probanden?

2 Methode

2.1 Design

Wir verfassten eine systematische Review der wissenschaftlichen Literatur. Eingeschlossen wurden ausschliesslich Randomised Controlled Trials (RCT) und Controlled Clinical Trials (CCT). Die nach den folgenden methodologischen Kriterien selektioniert wurden.

2.2 Einschlusskriterien

Wir berücksichtigten alle RCT's und CCT's, welche als Intervention chronisches muskuläres Stretching und als Outcome «Plyometrie», «Schnellkraft» oder «Maximalkraft» angaben. Die eingeschlossenen Studien beziehen sich auf eine gesunde, menschliche Population.

2.3 Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden Studien, die den Effekt von Stretching auf die Mobilität, Steifheit, Prävention von Verletzungen, Muskelkater und Erholungszeit untersuchen. Weiterhin haben wir Studien ausgeschlossen, die den Effekt von akutem Stretching auf die Kraft messen. Weitere Ausschlusskriterien waren neurologische Erkrankungen, akute Verletzungen und post-operative Rehabilitation der Population. Studien die eine präpubertäre oder geriatrische Population untersuchten, wurden von den Reviewern ausgeschlossen. Studien welche mit Tieren arbeiten wurden ausgeschlossen. Alle Studien, die nicht in Deutsch, Französisch oder Englisch publiziert wurden, schlossen wir aus.

2.4 Outcomes

Unsere Outcomes waren Plyometrie, Schnellkraft und Maximalkraft.

2.4.1 Korrelation der Outcomemessungen - Outcomegruppe «Plyometrie»

Counter Movement Jump, Single Hop For Distance und Rebound Bench Press haben alle einen langen Dehnungskürzungszyklus (DVZ) (Güllich & Schmidtbleicher, 1999). Das heisst, dass der Wechsel zwischen der konzentrischen zur exzentrischen Bewegung

mehr als 200 Millisekunden beträgt. Aus diesem Grunde poolten wir die Outcomes mit verschiedenen Kenngrößen mit dem Review Manager 5 (RevMan 5).

2.4.2 Korrelation der Outcomemessungen - Outcomegruppe «Schnellkraft»

Weil in den Studien von Kokkonen, Nelson, Eldredge und Winchester (2007) und Bazett-Jones, Gibson und McBride (2008) die Schnellkraft mit unterschiedlich langen Sprints gemessen wurde, errechneten wir die standardisierte Mittelwertsdifferenz (SMD) und den Konfidenzintervall (CI) 95% mit dem RevMan5.

2.4.3 Korrelation der Outcomemessungen - Outcomegruppe «Maximalkraft»

Wu, Li, Maffuli, K. M. Chan und J.L Chan (1997) untersuchten die Korrelation zwischen exzentrischen und konzentrischen Krafttests an einer jungen gesunden Population. Sie fanden heraus, dass es eine hohe Korrelation zwischen isokinetischen exzentrischen und konzentrischen Krafttests gibt. Es wurde kein Artikel gefunden, der die Korrelation zwischen isometrischen und konzentrischen Muskelkrafttests untersucht. Jedoch wird von Wu u. a. (1997) angenommen, dass die Korrelation zwischen isometrischen und konzentrischen Krafttests höher ist, als die zwischen exzentrische und konzentrische Krafttests.

Aufgrund der Aussage von Wu u. a. (1997) poolten wir die Outcommessungen der Outcomegruppe «Maximalkraft».

2.5 Suchstrategie

Berücksichtigt wurden alle Studien der unten aufgelisteten Datenbanken, die vor dem 1. Februar 2010 publiziert wurden.

Die Suche wurde in zwei Etappen durchgeführt, eine erste am 4. November 2009 und eine zweite am 1. Februar 2010. Folgende Datenbanken wurden systematisch durchsucht: Pubmed, Cochrane, Web of Science, SportDiskus und CINAHL .

Die Suchstrategie wurde anhand der PICOT Elemente aufgebaut.

Population:

sport* OR athlet*

AND

Intervention:

stretch* OR flexib* OR elastic* OR yoga OR extensib* OR pliability

AND

Outcome:

agency OR energy* OR force OR power OR strength* OR speed* OR endurance OR springiness OR eccentric OR dynamic OR isometric OR isokinetic OR concentric OR plyomet*

2.6 Datensammlung und Analyse

Titel und Abstract aus den konsultierten Datenbanken wurden in eine EXCEL Tabelle eingefügt um die Selektion zu vereinfachen. Jeder Reviewer hat selbständig und unabhängig die Artikel anhand von Titel und Abstract selektioniert. Nach dieser Etappe wurden die zwei Tabellen verglichen. Bei Unstimmigkeiten wurde diskutiert, wenn keine Lösung gefunden wurde, bestellten wir die Artikel im Volltext. Bei der Selektion der Volltexte wurde die Methode notiert und durch Diskussion beschlossen, ob der Text eingeschlossen wird. Bei Differenzen der Reviewer wurde eine Drittperson dazu gezogen. Um Unklarheiten zu verhindern, wurden unsere EXCEL Tabellen ständig aktualisiert.

2.7 Handsuche der Referenzen

Um unsere Suche zu vervollständigen, wurden die Referenzen der eingeschlossenen Studien geprüft. Referenzen die häufig vorkamen wurden notiert und im Internet recherchiert um alle möglichen Quellen für unsere Arbeit zu Sichten.

Für die zweite Suche wurde mit demselben Prinzip gearbeitet, jedoch wurde kein Screening der Referenzen durchgeführt.

2.8 Suche der Volltexte

Wir suchten die Artikel, die wir nicht direkt auf den Datenbanken (Pubmed, CINAHL, Web of Science usw.) als Volltext herunterladen konnten, in der Datenbank der Konferenz der Fachhochschulen der Schweiz (www.kfh.ch). Nach der systematischen Suche auf www.kfh.ch fehlten uns immer noch einige Volltexte, da die meisten Artikel in Magazinen veröffentlicht wurden, die www.kfh.ch nicht abonniert hat. Weitere Volltexte wurden in der Bibliothek der Universität Bern gefunden und ausgedruckt. Als letztes wurden die nicht gefundenen Volltexte über die Mediathek der HES SO Wallis bestellt.

2.9 Methodologische Evaluation

Das Bias Risiko, der zu untersuchenden Studien, wurde von den zwei Reviewern selbstständig und unabhängig geprüft. Wie vom Cochrane Handbuch (Kapitel 8) empfohlen, wurden die folgenden methodologischen Themen untersucht (Higgins & Green, 2008).

- Sequence Generation
- Allocation Sequence Concealment
- Blinding Patient and Outcome Assessors
- Incomplete Outcome Data
- Selective Outcome Reporting
- Other Potential Threats to Validity

Jede Kategorie wurde explizit mit «Ja»; «Nein» oder «Unklar» bewertet. Wenn wir alle Kritikpunkte mit «Ja» beantworteten, wurden die Studie mit einem tiefen Bias Risiko bewertet. Wenn ein oder mehrere Kritikpunkte mit «Nein» beantwortet wurden, ist die Studie mit einem hohen Bias Risiko bewertet worden. Bei einer oder mehreren «unklaren» Kategorien wurde die Studie mit einem mittleren Bias Risiko bewertet. Die zwei Reviewer versuchten durch Diskussion Unstimmigkeiten zu klären. Ansonsten zogen wir eine Drittperson (M.S.) dazu.

2.10 Analyse der Resultate

Die Analyse der Resultate wurde auf zwei verschiedene Arten durchgeführt.

Das Programm RevMan 5 wurde gebraucht, um den Behandlungseffekt von Stretching im Vergleich zur Kontrollgruppe zu analysieren. Für jedes Outcome (Plyometrie, Schnellkraft, Maximalkraft) wurde ein Forest Plot erstellt. Zudem wurde bei der Outcomegruppe «Maximalkraft» eine Subgruppenanalyse der Dehnmethode erstellt. Anhand dieser Forest Plots wurden die Resultate analysiert und beschrieben.

Die eingeschlossenen Studien verwendeten kontinuierliche Outcomes. Aus den kontinuierlichen Outcomes wurde die standardisierte Mittelwertsdifferenz (SMD) und der Konfidenzintervall 95% (CI) mit dem Review Manager 5 (RevMan 5) berechnet. Die standardisierte Mittelwertsdifferenz (SMD) wurde gewählt, da die eingeschlossenen Studien unterschiedliche Messmethoden für dasselbe Outcome (Plyometrie, Schnellkraft, Maximalkraft) verwendeten.

In keiner Studie wurde die Differenz des Anfangsmittelwertes zu dem Endmittelwert (ΔM) und deren Standardabweichung (ΔSD) angegeben. Deshalb bezieht sich RevMan 5 auf die Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Endmessung der Outcomes, um die standardisierte Mittelwertsdifferenz zu errechnen. Die Analyse erfolgte nach den Richtlinien die im Cochrane Handbuch vorgegeben sind (Higgins & Green, 2008).

Zusätzlich wurde durch eine sekundäre prozentuale Berechnung die Veränderung, zwischen der Anfangs- und Endmessung, in den Gruppen gemessen. Die Gewichtung der Studien wurde von den Forest Plots übernommen und bei den prozentualen Berechnungen berücksichtigt. Die Daten wurden mit Hilfe einer EXCEL Tabelle aufgelistet und anhand einer EXCEL Graphik illustriert.

Durch die Randomisierung sollten die Anfangsunterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant sein. Doch bei Studien mit einer kleinen Population ist die zufällige Verteilung weniger effektiv und kann zu ungleichen Gruppen führen (Higgins & Green, 2008). RevMan 5 bezieht sich auf die Mittelwerte der Outcometestung am Ende der Intervention. Dadurch wird eine am Anfang ungleich verteilte Kontrollgruppe/Stretchinggruppe weniger berücksichtigt. Gleichzeitig möchten wir darauf hinweisen, dass die prozentuale Beschreibung nur als sekundäre Messung gilt, da sie die Standardabweichungen in keiner Weise berücksichtigt und deswegen Verzerrungen nicht auszuschliessen sind.

Anhand eines *Beispiels* erklären wir die mathematischen Schritte der prozentualen Analyse.

Die ersten Schritte zeigen die Kalkulation der prozentualen Veränderung in den Gruppen für eine Studie:

Kokkonen u. a.: Anfangsmessung der Stretchinggruppe für das Outcome Schnellkraft: 3.8s = 100%

Endmessung der Stretchinggruppe für das Outcome Schnellkraft: 3.75s = ?

$$\Rightarrow \frac{100\% \times 3.75s}{3.8s} = 98.68\%$$

$$\Rightarrow 98.68\% - 100\% = -1.33\%$$

Die -1.33% ist die prozentuale Veränderung der Stretchinggruppe «Kokkonen u. a.» von der Anfangsmessung zur Endmessung.

Mit den Veränderungen der Gruppen (z. B. -1.33%) wurde eine totale Veränderung der Outcomegruppen ausgerechnet. Das Total einer Outcomegruppe wurde der Gewichtung angepasst, die von RevMan 5 übernommen wurde.

Kokkonen u. a.: prozentuale Veränderung der Stretchinggruppe: -1.33% Gewichtung: 64.8%

Bazett-Jones u. a.: prozentuale Veränderung der Stretchinggruppe: - 1.07% Gewichtung: 35.2%

$$\Rightarrow \frac{-1.33\% \times 64.8\% + -1.07\% \times 35.2\%}{100\%} = -1.24\%$$

Die -1.24% entsprechen der Veränderung der Stretchinggruppe für das Outcome «Schnellkraft»

2.11 Handhabung bei fehlenden Daten

Bei fehlenden Daten der eingeschlossenen Studien kontaktierten wir die Autoren der Studien per E-Mail. Erhielten wir keine Antwort, oder wurden uns die Daten verweigert, wurden die Studien ausgeschlossen und im Trial Flow vermerkt.

2.12 Heterogenität

Um die statistische Heterogenität der Outcomes zu quantifizieren und zu bestimmen, wurde die I^2 Statistik angewandt. Zur Analyse wurden die Näherungswerte aus dem Cochrane Handbuch benutzt (Higgins & Green, 2008).

- 0% - 40%: Möglicherweise nicht relevant
- 30% - 60%: Mögliche moderate Heterogenität
- 50% - 90%: Möglicherweise beachtliche Heterogenität
- 75% - 100%: Beträchtliche Heterogenität

3 Resultate

3.1 Ergebnisse der Suche

Durch die elektronische Suche mit den oben genannten Suchbegriffen fanden wir 5431 Studien. Die Summe stellte sich aus folgenden Datenbanken zusammen: Pubmed (1127), Cochrane (254), CINAHL (1392), SportDiscus (2120) und Web of Science (538).

In der Datenbank Pedro konnte nicht mit der Suchstrategie PICOT gearbeitet werden. Deshalb beschlossen wir Kontakt per E-Mail mit einem Mitarbeiter von Pedro aufzunehmen. Die Kontaktperson von Pedro versicherte uns die systematische Suche durchzuführen. Nach einigen Wochen und mehrere Anfragen per E-Mail, erhielten wir keine Resultate. Wir führten mehrere Suchen mit unterschiedlichen Schlagwörtern auf Pedro durch und stellten fest, dass die gefunden Resultate identisch mit den Resultaten der anderen Datenbanken sind. Deshalb beschlossen wir, die Datenbank Pedro nicht für unsere Review zu berücksichtigen.

3.2 Auswahl durch Titel und Abstract

In der ersten Auswahl lasen wir individuell Titel und wenn nötig «Abstract» der Studien. Wir berücksichtigen Studien nach den, in der Methode erwähnten, Ein- und Ausschlusskriterien. Wir bewerteten die Studien mit einem «Ja» (eingeschlossene Studien), «Nein» (ausgeschlossene Studien), «Unklar» (Unklar ob die Studie eingeschlossen werden soll) oder mit «Background» (Studien, die uns zur Erarbeitung des Background dienen).

Die beiden Reviewer verglichen ihre überarbeiteten EXCEL Tabellen. Durch Diskussion wurden 23 Studien mit «Ja» bewertet. 5366 Studien schlossen wir aus, 21 Studien wurden mit «Unklar» bewertet und 21 Studien schlossen wir für den Background ein. In dieser Auflistung sind die doppelt vorhandenen Studien bereits abgezogen.

3.3 Auswahl durch Volltexte

Nach der ersten Auswahl durch Titel und Abstract wurden die 44 Volltexte gesucht. In der Universitätsbibliothek der Stadt Bern und über die Internetseite der Konferenz der Fachhochschulen (www.kfh.ch) fanden wir 19 Volltexte. 12 Volltexte fanden wir durch die Zusammenarbeit mit der Sportbibliothek Magglingen. 13 weitere Volltexte wurden über die HES-SO Wallis bestellt.

Die 21 unklar bewerteten Studien, wurden bearbeitet und durch ein Gespräch aus- oder eingeschlossen. Fünf der Studien schlossen wir ein und 16 wurden nicht berücksichtigt.

Die restlichen 26 Volltexte wurden von den Reviewern individuell mit einem selbsterstellten Datenextraktionsformular bearbeitet. Unser Datenextraktionsformular beinhaltete die Methodologie der Studie, Eigenschaften der Teilnehmenden, Interventionen, Outcomes und Resultate.

Die Datenextraktionsformulare der beiden Reviewern wurden miteinander verglichen. Wir schlossen zehn der Studien in unsere Review ein. 18 Studien wurden ausgeschlossen. Die Studien wurden ausgeschlossen wegen inadäquaten Outcomes, wie Running Economy, Steifheit oder ROM (n=9). Weitere Studien wurden ausgeschlossen, weil sie keine Kontrollgruppe untersuchten (n=5). Studien die eine präpubertäre oder geriatrische Population untersuchten, schlossen wir aus (n=4). Mittelwerte und die Standardabweichungen der Kontrollgruppen wurden bei drei Studien nicht vollständig angegeben. Es wurde Kontakt per E-Mail mit den Hauptautoren der Studien aufgenommen. Da wir keine Rückmeldung der Autoren erhielten, wurden die drei Studien ausgeschlossen (Handel, Horstmann, Dickhuth, & Gülch, 1997; Klinge u. a., 1997; M. T. Woolstenhulme, Griffiths, E. M. Woolstenhulme, & Parcell, 2006).

3.4 Handsuche

Nach Durchsuchen der Referenzen der eingeschlossenen Studien fanden wir eine weitere Studie, die wir über die Universitätsbibliothek Bern bestellten (Hunter & Marshall, 2002).

3.5 Zusammenfassung der Suche

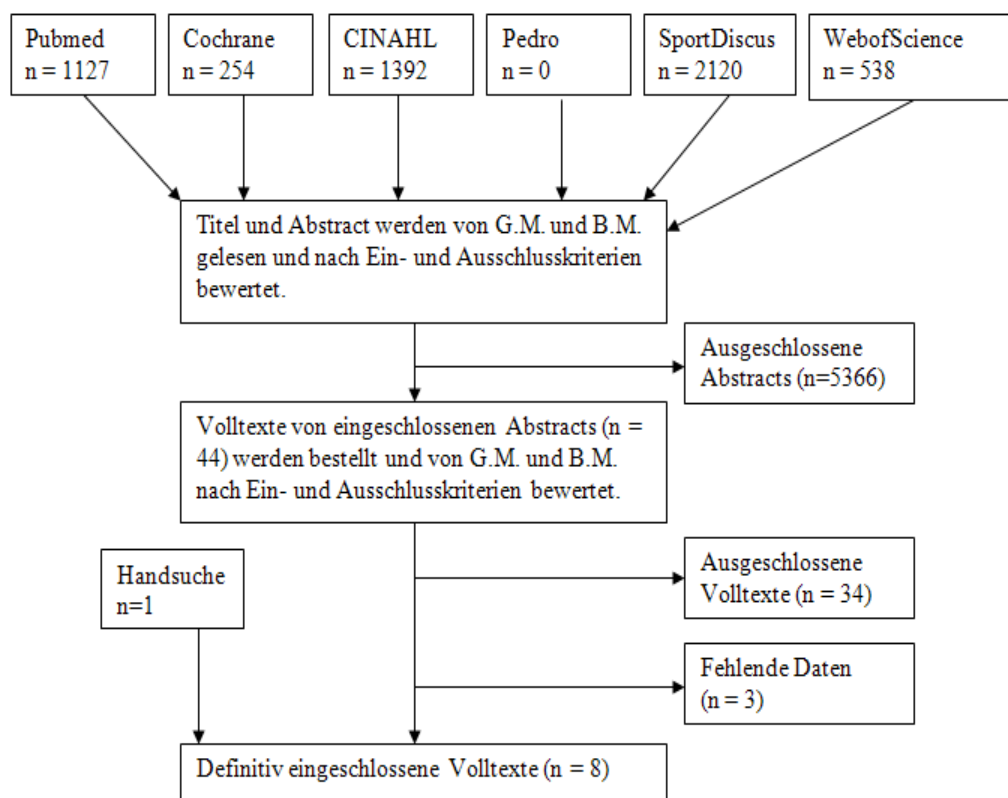


Abb. 5 Trial Flow

3.6 Methodologische Qualität

Bei der Bewertung der methodologischen Qualität stellten wir fest, dass alle Studien ein hohes Bias Risiko hatten. Es fällt auf, dass immer dieselben methodologischen Kriterien nicht berücksichtigt wurden.

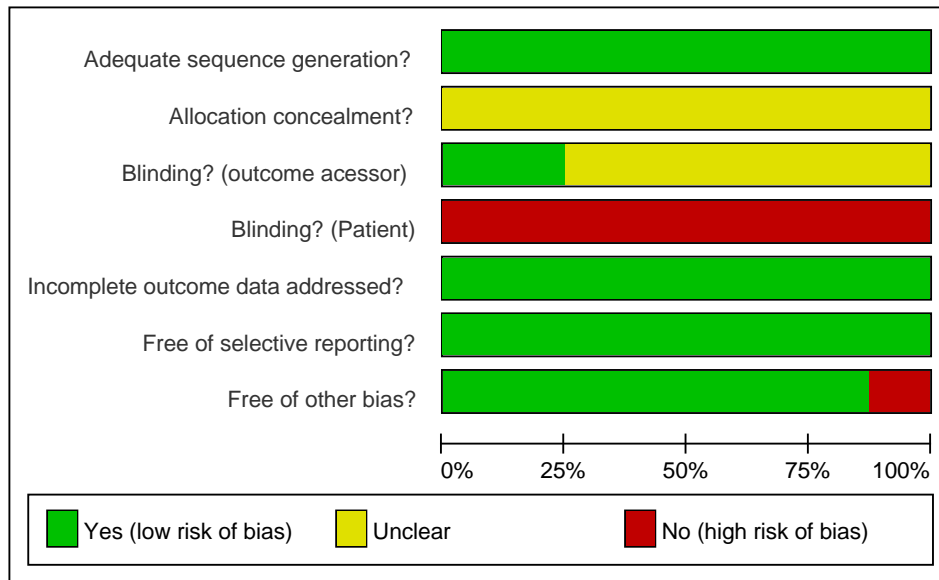


Abb. 6 Zusammenfassung der methodologischen Qualität

3.6.1 Blinding der Patienten

Das Blinding der Patienten wurde allen Studien als hohes Bias-Risiko eingestuft. Das Problem bei den eingeschlossenen Studien ist, dass die Patienten nicht geblendet werden können. Das heisst den Probanden kann nicht vorenthalten werden, in welcher Gruppe sie sich befinden, da sie entweder einer Stretchingintervention beiwohnen oder nicht (Shrier, 2004). Häufig wird eine Population in einem Sportklub untersucht wo die Kommunikation zwischen den Teilnehmenden nicht vermieden werden kann.

3.6.2 Blinding des Outcome-Prüfers

Das Blinding des Outcome-Prüfers wurde in den meisten eingeschlossenen Studien als unklar eingestuft. Meistens wurde nicht präzisiert ob der Outcome-Prüfer «geblindet» wurde oder nicht. Nur die Studien von Bazett-Jones, Gibson und McBride (2008) und von Ross (2007) konnten klar mit einem «Ja» bewertet werden.

3.6.3 Allocation Concealment

Bei der Allocation Concealment wird der Prozess zur Randomisierung analysiert. Es wird analysiert, ob der Randomisierungsprozess vor den Probanden und den Autoren

der Studie verdeckt durchgeführt wurde. Bei allen eingeschlossenen Studien wurde die Randomisierung nicht präzisiert. Somit wurde dieser Punkt als unklar eingestuft.

3.6.4 Verzerrung durch andere Bias

In der Studie von Bazett-Jones u. a. (2008) untersuchte man Leichtathletinnen die eine Durchschnittsgrösse von (M: 140.26cm, SD: +/- 18.64cm) haben. Das Durchschnittsgewicht der untersuchten Population beträgt (M: 66.43kg, SD: +/- 2.56kg). Aus diesen zwei Zahlen kann man erkennen, dass irgendwo ein Fehler gemacht wurde. Das Gewicht ist zu hoch für die Grösse der Leichtathletinnen.

Ross (2007) war der einzige, der zehn Minuten vor der Endmessung der Outcomes noch dehnte. Deshalb ist nicht klar, ob der akute Effekt des Stretchings Einfluss auf den Behandlungseffekt hatte. Der Autor verwies auf die mögliche Fehlerquelle, begründet aber sein Handeln durch eine Studie. Diese zeigte, dass der akute Effekt von Stretching nur während sechs Minuten signifikant ist (Spernoga, Uhl, Arnold, & Gansneder, 2001).

Weil nicht mehr Studien zu diesem Thema publiziert wurden, haben wir die Studien mit einem hohen Bias Risiko nicht ausgeschlossen.

3.6.5 Methodologische Qualität der einzelnen Studien

	Adequate sequence generation?	Allocation concealment?	Blinding? (outcome assessor)	Blinding? (Patient)	Incomplete outcome data addressed?	Free of selective reporting?	Free of other bias?
Bazett-Jones u. a. / 2008	+	?	+	-	+	+	-
Hunter & Marshall / 2001	+	?	?	-	+	+	+
Kokkonen u. a. / 2007	+	?	?	-	+	+	+
LaRoche u. a. / 2008	+	?	?	-	+	+	+
Lusting u. a. / 1992	+	?	?	-	+	+	+
Rees u. a. / 2007	+	?	?	-	+	+	+
Ross / 2007	+	?	+	-	+	+	-
Wilson u. a. / 1991	+	?	?	-	+	+	+

Abb. 7 Methodologische Qualität

3.7 Eingeschlossene Studien

Die acht verbleibenden Studien sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Hier wurden die Verschiedenen Outcomes in drei Untergruppen eingeteilt.

	Autor / Publikations-jahr	Titel	Bias-Risiko	Plyo	SK	MK
1	LaRoche u.a. / 2008	Chronic stretching and...	4J ; 2UK ; 1N	X		
2	Bazett-Jones u.a. / 2008	Sprint and vertical jump...	4J ; 1UK ; 2N	X	X	
3	Wilson et u.a. / 1991	Stretch shorten cycle...	4J ; 2UK ; 1N	X		X
4	Kokkonen u.a. / 2007	Chronic static stretching...	4J ; 3UK ;	X	X	X
5	Hunter u.a. / 2001	Effects of power and...	4J ; 2UK ; 1N	X		
6	Lusting u.a. / 1992	A comparision of two...	4J ; 2UK ; 1N			X
7	Roos / 2007	Effect of a 15-Day...	5J ; 1UK ; 1N			X
8	Rees u.a. / 2007	Effects of proprioceptive...	4J ; 2UK ; 1N	X		

Plyo: Plyometrie, SK: Schnellkraft, MK: Maximalkraft, J:Ja, N:Nein, UK: Unklar

Tab. 1 Eingeschlossene Studien

3.8 Zusammenfassende Tabelle der eingeschlossenen Studien

Nach der Analyse der Outcomes der eingeschlossenen Studien teilten wir die Studien in drei verschiedene Tabellen ein (Plyometrie, Schnellkraft, Maximalkraft). Jede Tabelle enthält acht Felder, in denen die wichtigsten Informationen der Studien aufgelistet sind. Das Feld «Teilnehmer» enthält die Grösse der Population, den Aktivitätsgrad der Teilnehmer so wie das Durchschnittsalter. Das nächste Feld beschreibt die «Gruppenaufteilung» der Studie. Im Feld «Dauer der Studie» findet man die Dauer der Studie und die Häufigkeit der Intervention. Im Feld «Intervention» wird die Intervention präzisiert. Das Feld «Outcomes» gibt die genaue Messmethode der Outcomes an. Das letzte Feld gibt an, in welche Outcomegruppen die Studien eingeteilt wurden.

3.8.1 Outcomegruppe «Plyometrie»

Autoren und Jahr	Titel	Teilnehmer	Gruppenaufteilung	Dauer der Studie	Intervention	Outcomes	Outcomegruppe:
Ross 2007	Effect of a 15-day pragmatic hamstring stretching program on hamstring flexibility and single hop for distance test performance	13 Probanden 8 Männer, 5 Frauen Studenten der Air Force Academy Durchschnittsalter: 20	Ein Körperseite wird gedehnt (Stretchinggruppe) und das andere Bein nicht (Kontrollgruppe)	15 Tage Stretching: 1 x pro Tag Kraft: Training wird weitergeführt wie bisher	Stretching: 5 x 30 Sekunden statisch standardisiertes Dehnen von Hamstrings, 10 Sekunden Pause dazwischen, Kraft: Krafttraining nicht präzisiert	Single Hop for Distance (cm)	Plyometrie
Hunter u.a. 2002	Effects of power and flexibility training on vertical jump technique	50 Männer, Amateursportler, Basketball und Volleyball, Durchschnittsalter: 24	4 Gruppen: 1. Kraft (n= 11) 2. Stretching (n= 11) 3. Kraft und Stretching (n=14) 4. Kontrollgruppe (n=14)	10 Wochen Stretching: 4x p/W Kraft: 2 x p/W	Stretching: statisch, ab 4. Woche CR, Muskulatur untere Extremität, Dauer der Dehnung wird erhöht nach jeder 2. Woche (20-60 sec.) Kraft: Plyometrie + Krafttraining mit Gewichten untere Extremität, Resistenz wird erhöht jede 2.-3. Woche	CMJ: Counter-movement Jump DJ30, DJ60, DJ90: Drop jump Höhe von 30-, 60-, 90 cm	Plyometrie
Kokkonen u.a. 2007	Chronic static stretching improves exercise performance	38 Probanden 19 Männer, 19 Frauen sporadische Sportler, aktive Sportler wurden ausgeschlossen Durchschnittsalter: 23	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 19) Stretching 2. Gruppe: (n= 19) kein Stretching	10 Wochen Stretching: 3 x p/W Kraft: Max. 18 mal in 10 Wochen	Stretching: 3 x p/W, 15 statische Dehnübungen untere Extremität (3x 15 sec.) Kraft: max. 18 x in 10 Wochen, sportliche Aktivität nicht beschrieben (beide Gruppen führen die sporadische Sportaktivität weiter)	Standing long jump (cm) Vertical jump (cm) 20 m Sprint (sec.) Knieextension (kg) Knieflexion (kg)	Plyometrie Maximalkraft Schnellkraft
Bazett-Jones u.a. 2008	Sprint and vertical jump performances are not affected by six weeks of static hamstring stretching	21 Frauen Amateursportlerinnen Leichtathletik (Division 3) Durchschnittsalter: 19	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 10) Stretching 2. Gruppe: (n= 11) kein Stretching	6 Wochen Stretching: 4 p/W Kraft: Training wird weitergeführt wie bisher	Stretching: 4 x p/W, standardisierte Dehnübung der Hamstrings, statisch, 4 x 45 sec. als Teil des Warm-ups Kraft: Training wird weitergeführt wie bisher	CMJ (Counter-movement jump; A. Kistler quatro jump force plate) Sprint 55m	Plyometrie Schnellkraft
Wilson u.a. 1992	Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training	16 Männer Kraftsportler: von sporadischen bis zu Weltklasseathleten Durchschnittsalter: 26	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 9) Krafttraining und Stretching 2. Gruppe: (n= 7) Krafttraining ohne Stretching	8 Wochen Stretching: 2 x p/W Kraft: Krafttraining wird individuell weitergeführt	Stretching: 2 x p/W, verschiedene Dehnübungen obere Extremität, statisch, 3 x 10-30 sec. Kraft: Krafttraining wird weitergeführt wie bisher	Rebound bench press (kg) Purly concentric bench press (kg)	Plyometrie

3.8.2 Outcomegruppe «Schnellkraft»

Autoren und Jahr	Titel	Teilnehmer	Gruppenaufteilung	Dauer der Studie	Intervention	Outcomes	Outcomegruppe:
Kokkonen u.a. 2007	Chronic static stretching improves exercise performance	38 Probanden 19 Männer, 19 Frauen sporadische Sportler, aktive Sportler wurden ausgeschlossen Durchschnittsalter: 23	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 19) Stretching 2. Gruppe: (n= 19) kein Stretching	10 Wochen Stretching: 3 x p/W Kraft: Max. 18 mal in 10 Wochen	Stretching: 3 x p/W, 15 statische Dehnübungen untere Extremität (3x 15 sec.) Kraft: max. 18 x in 10 Wochen, sportliche Aktivität nicht beschrieben (beide Gruppen führen die sporadische Sportaktivität weiter)	Standing long jump (cm) Vertical jump (cm) 20 m Sprint (sec.) Knieextension (kg) Knieflexion (kg)	Plyometrie Maximalkraft Schnellkraft
Bazett-Jones u.a. 2008	Sprint and vertical jump performances are not affected by six weeks of static hamstring stretching	21 Frauen Amateursportlerinnen Leichtathletik (Division 3) Durchschnittsalter: 19	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 10) Stretching 2. Gruppe: (n= 11) kein Stretching	6 Wochen Stretching: 4 p/W Kraft: Training wird weitergeführt wie bisher	Stretching: 4 x p/W, standardisierte Dehnübung der Hamstrings, statisch, 4 x 45 sec. als Teil des Warm-ups Kraft: Training wird weitergeführt wie bisher	CMJ (Counter-movement jump; A. Kistler quatro jump force plate) Sprint 55m	Plyometrie Schnellkraft

3.8.3 Outcomegruppe «Maximalkraft»

Autoren und Jahr	Titel	Teilnehmer	Gruppenaufteilung	Dauer der Studie	Intervention	Outcomes	Outcomegruppe:
Rees u.a. 2007	Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on stiffness and force-producing characteristics of the ankle in active woman	20 Frauen Amateursportlerinnen, min. 3 x30 Minuten sportliche Aktivität p/W Durchschnittsalter: 20	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 10) CR- Stretching 2. Gruppe: (n= 10) Kein CR-Stretching	4 Wochen Stretching: 3 x p/W Kraft: Training wird weiter-geführt wie bisher	Stretching: 3 x p/W CR-Dehnübungen der unteren Extremitäten, progressive Erhöhung der Intensität und des Volumens der Übungen über 4 Wochen, 4-6 x 6-10 Sekunden Kontraktion., Dehnzeit nicht angegeben Kraft: Min. 3 x 30 min wird weitergeführt	MIF: Maximal isometric strength (N) (isometrisch) RFD: Rate of force development (N·s ⁻¹) (konzentrisch)	Maximalkraft
La Roche u.a. 2008	Chronic Stretching and voluntary muscle force	29 Männer Sporadisch aktive Sportler, kein Kraftprogramm in den letzten 6 Monaten Durchschnittsalter: 32	3 Gruppen 1. Statisch (n=9) 2. Ballistisch (n= 10) 3. Kontrollgruppe (n= 10)	4 Wochen Stretching: 3 x p/W Kraft: kein Krafttraining wurde präzisiert	Stretching: 3 x p/W, statisch, 10 x 30 Sekunden, Dehnübung von Hamstrings, Ballistisch: selbe Übungen mit federnden Bewegungen bei maximaler Amplitude Kraft: kein Krafttraining präzisiert	Peak Torque: Measures of torque development (N) (Maximale Kraftproduktion der Hüftextensoren)	Maximalkraft
Kokkonen u.a. 2007	Chronic static stretching improves exercise performance	38 Probanden 19 Männer, 19 Frauen sporadische Sportler, aktive Sportler wurden ausgeschlossen Durchschnittsalter: 23	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 19) Stretching 2. Gruppe: (n= 19) kein Stretching	10 Wochen Stretching: 3 x p/W Kraft: Max. 18 mal in 10 Wochen	Stretching: 3 x p/W, 15 statische Dehnübungen untere Extremität (3x 15 sec.) Kraft: max. 18 x in 10 Wochen, sportliche Aktivität nicht beschrieben (beide Gruppen führen die sporadische Sportaktivität weiter)	Standing long jump (cm) Vertical jump (cm) 20 m Sprint (sec.) Knieextension (kg) Knieflexion (kg)	Plyometrie Maximalkraft Schnellkraft
Wilson u.a. 1992	Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training	16 Männer Kraftsportler: von sporadischen Sportlern bis zu Weltklasseathleten Durchschnittsalter: 26	2 Gruppen 1. Gruppe: (n= 9) Krafttraining mit Stretching 2. Gruppe: (n= 7) Krafttraining ohne Stretching	8 Wochen Stretching: 2 x p/W Kraft: Krafttraining wird individuell weitergeführt	Stretching: 2 x p/W, verschiedene Dehnübungen obere Extremität, statisch, 3 x 10-30 sec. Kraft: Krafttraining wird nach individuellem Niveau weitergeführt	Rebound bench press (kg) Purly concentric bench press (kg)	Plyometrie Maximalkraft
Lusting u.a. 1992	A comparison of two proprioceptive neuromuscular facilitation techniques for improving range of motion and muscular strength	41 Frauen Sporadisch aktive Sportler aus einer Dance-Fitnessgruppe Durchschnittsalter: 21	3 Gruppen 1. PNF (n= 12) 2. CR (n= 10) 3. Kontrollgruppe (n= 19)	7 Wochen Stretching: 3 p/W Kraft: Vereinsinternes Training wird weitergeführt	Stretching: 3x 6 Sekunden Kontraktion mit anschliessendem 6 Sekunden Stretching Stretching 3 x p/W Kraft: Vereinsinternes Training wird weitergeführt	Turkey's post hoc test (Konzentrische Kontraktion von Hüftextensoren mit einem Seilzug)	Maximalkraft

3.8.4 Zusammenfassung der Tabelle «Plyometrie»

Das Durchschnittsalter der teilnehmenden Männer und Frauen der fünf eingeschlossenen Studien variierte zwischen 19 - 26 Jahren. Das sportliche Niveau war unterschiedlich und variierte zwischen Amateursportlern und Weltklasseathleten. Die Studien dauerten zwischen 15 Tage und 10 Wochen. Die Intervention fanden mindestens zweimal pro Woche und höchstens einmal täglich statt.

In vier der eingeschlossenen Studien dehnte man passiv-statisch die unteren Extremitäten. In einer Studie wurden die oberen Extremitäten passiv-statisch gedehnt (Wilson u. a., 1992). Die Dehnung wurde zwischen 10 und 60 Sekunden appliziert.

In den Studien von Hunter und Marschall (2002) und Ross (2007) wurde zusätzlich zur Intervention Stretching ein Krafttraining durchgeführt, welches für beide Gruppen identisch war. In der Studie von Ross (2007) wurde ein Bein gedehnt (Interventionsgruppe) und das andere Bein nicht gedehnt (Kontrollgruppe). In der Studie von Bazett-Jones u. a. (2008) und von Wilson, Elliott und Wood (1992) wurde zur Intervention das gewohnte vereinsinterne Training weitergeführt. In der Studie von Kokkonen, Nelson, Eldredge und Winchester (2007) wurden die gewohnten Aktivitäten weitergeführt ohne ein zusätzliches Kräftigungsprogramm oder vereininternes Training.

In den Studien von Kokkonen u. a. (2007), Bazett Jones u. a. (2008), Hunter und Marschall (2002) wurde die Plyometrie anhand von CMJ gemessen. Ross (2007) evaluierte die Plyometrie anhand von Einbeinsprüngen (Single Hop for Distance). Wilson u. a. (1992) verwendeten als Messinstrument der Plyometrie eine maximale Wiederholung im Bankdrücken (Rebound Bench Press).

3.8.5 Zusammenfassung der Tabelle «Schnellkraft»

Das Durchschnittsalter in dieser Gruppe war zwischen 19 und 24 Jahren. Das sportliche Niveau variierte zwischen Amateursportler und sporadisch aktiven Studienteilnehmern. In der Studie von Bazett-Jones u. a. (2008) wurden nur Frauen eingeschlossen. In beiden Studien wurden zwischen drei und viermal pro Woche, während 15-45 Sekunden passiv-statisch gedehnt. Die Studien dauerten zwischen sechs und zehn Wochen.

In der Studie von Kokkonen u. a. (2007) wurden die gewohnten Aktivitäten weitergeführt. Bei Bazett-Jones u. a. (2008) wurde das vereinsinterne Training für beide Gruppen weitergeführt.

Das Outcome Schnellkraft wurde bei Kokkonen u. a. (2007) anhand von 20 Meter Sprints gemessen und bei Bazett-Jones u. a. (2008) anhand von 55 Meter Sprints.

3.8.6 Zusammenfassung der Tabelle «Maximalkraft»

Das Durchschnittsalter, von allen Männer und Frauen, der fünf eingeschlossenen Studien war zwischen 20 und 32 Jahren. Es gab eine grosse Heterogenität der sportlichen Niveaus. Das Niveau variierte zwischen einer sporadisch aktiven Population und Weltklasseathleten. Die Studien dauerten zwischen vier und zehn Wochen. Es wurde immer dreimal pro Woche gedehnt, ausser in der Studie von Wilson u. a. (1992) wurde nur zweimal pro Woche gedehnt.

In den Studien von Lusting, Ball und Looney (1992) und von Rees, Murphy, Watsford, McLachlan und Coutts (2007) wurde CR-Stretching durchgeführt. In den drei verbleibenden eingeschlossenen Studien dehnte man passiv-statisch. Die Dehnung wurde während 10-30 Sekunden gehalten.

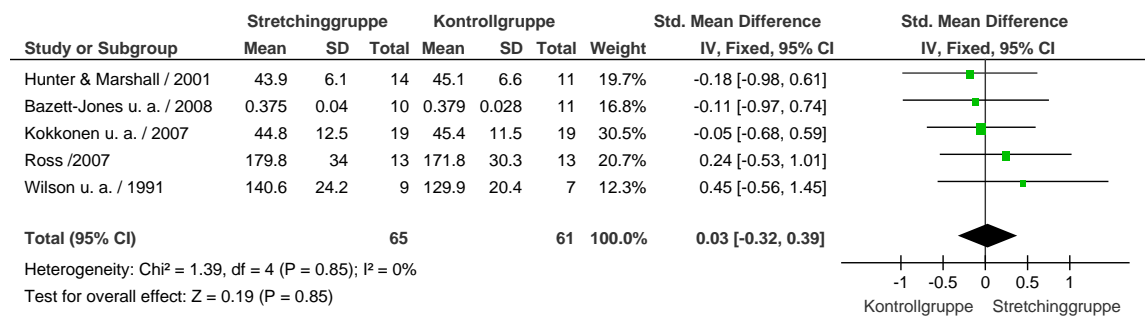
In den Studien von Lusting u.a. (1992), Rees u. a. (2007) und Wilson u. a. (1992) wurde ein vereininternes Training, für Kontrollgruppe und Interventionsgruppe identisch, durchgeführt. In den Studien von Kokkonen u. a. (2007) und LaRoche, Lussier und Roy (2008) wurde keine zum gewohnten Leben, zusätzliche körperliche Aktivität durchgeführt. In der Studie von Kokkonen u. a. (2007) waren die Teilnehmer nicht in einem Sportverein und durften auch keine Kräftigungsübungen der gedehnten Muskelgruppen durchführen.

In der Studie von Rees u. a. (2007) wurde zur Messung der Maximalkraft ein isometrischer Krafttest durchgeführt. Kokkonen u. a. (2007), LaRoche u. a. (2008), Wilson u. a. (1992) und Lusting u. a. (1992) verwendeten ausschliesslich einen konzentrischen Maximalkrafttest. Handel, Horstmann, Dickhuth und Gülch (1997) verwendeten zur Messung des Outcomes «Maximalkraft» konzentrische und isometrische Krafttests.

3.9 Analyse der Resultate

Die Resultate werden anhand der acht eingeschlossenen Studien analysiert. Für jedes Outcome wurde eine Tabelle erstellt, welche Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) der Outcomemessung am Ende der Intervention und Grösse der Population beinhalten. Zusätzlich wurde für das Outcome «Maximalkraft» eine Subgruppen-Analyse erstellt, um die verschiedenen Dehnmethoden einzeln zu untersuchen.

3.9.1 Outcome «Plyometrie»



Tab. 5 Forest Plot, Outcomegruppe «Plyometrie»

Es wurden fünf Studien eingeschlossen, welche den Effekt von Stretching auf die Plyometrie untersuchten. Insgesamt nahmen somit 126 Teilnehmer an dieser Analyse teil. Die Effektgrösse, gemessen mit der standardisierten Mittelwertsdifferenz (SMD) und mit einem 95% Konfidenzintervall (CI), beträgt 0.03 (-0.32, 0.39). Der P Wert beträgt 0.85, deshalb ist das Ergebnis nicht statistisch signifikant. Auch die visuelle Exploration des Forest Plots zeigt, dass der Rhombus dicht an der Mittellinie ist und somit weder in Richtung der Stretching- noch der Kontrollgruppe tendiert. Die statistische Heterogenität ist nicht relevant $I^2=0\%$.

3.9.1.1 Prozentuale Analyse der Plyometrie

In der Studie von Hunter und Marshall (2002) gab es grosse Unterschiede in den Gruppen nach der Randomisierung. In der Kontrollgruppe war die Testung des CMJ bei Beginn der Studie 40.4cm (SD +/- 7.8cm) im Gegensatz zur Stretchinggruppe 35.8cm (SD +/- 8.3cm). Kokkonen u. a. (2007) hatte ebenfalls ungleiche Gruppen nach der Randomisierung. Die Kontrollgruppe sprang bei der Eintrittstestung 45.4cm (SD +/- 11.5cm) hoch, wobei die Stretchinggruppe nur 43.1cm (SD +/- 12.4cm) hoch sprang. Aufgrund der kleinen Population kann die Randomisierung zu Unterschieden zwischen den Gruppen führen. Deshalb beschlossen wir, die prozentuale Analyse als Ergänzung beizufügen.

% - Veränderung der Kontrollgruppe auf die Plyometrie				% - Veränderung der Stretchinggruppe auf die Plyometrie			
Studien	Am	Em	% Veränderung von Am zu Em	Am	Em	% Veränderung von Am zu Em	Gewichtung in %
Ross / 2009	171.2	171.8	0.35	171	179.8	5.15	20.7
Hunter u. a. / 2001	37.5	37.8	0.8	35.8	43.9	22.63	19.7
Kokkonen u. a. / 2007	45.4	45.4	0	43.1	44.8	3.94	30.5
Wilson u. a. / 1992	129.2	129.9	0.54	133.3	140.6	5.48	12.3
Bazett-Jones u. a. / 2008	0.389	0.379	-2.64	0.39	0.375	-4	16.8
Totale % Veränderung			-0.14			6.72	100

Am: Anfangsmessung, Em: Endmessung

Tab. 6 Prozentuale Analyse der Outcomegruppe «Plyometrie»

Bei der prozentualen Analyse gibt es eine gemittelte Verbesserung in der Stretchinggruppe von 6.72%. In der Kontrollgruppe gibt es eine gemittelte Verschlechterung von 0.14%. Daraus kann erkannt werden, dass es eine Tendenz der Verbesserung in Richtung der Stretchinggruppe gibt.

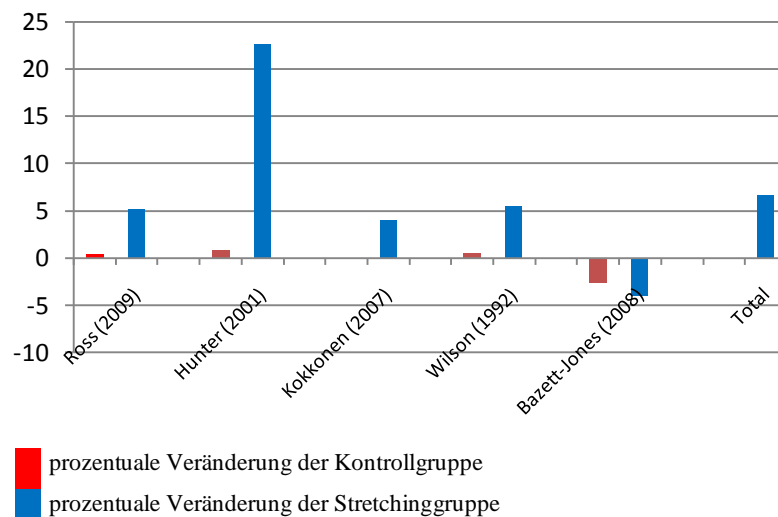
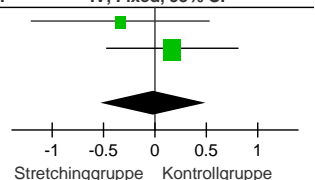


Abb. 8 Graphik der prozentualen Analyse, Outcomegruppe «Plyometrie»

3.9.2 Outcome «Schnellkraft»

Study or Subgroup	Stretchinggruppe			Kontrollgruppe			Weight	Std. Mean Difference IV, Fixed, 95% CI	Std. Mean Difference IV, Fixed, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total			
Bazett-Jones u. a. / 2008	8.43	0.28	10	8.57	0.48	11	35.2%	-0.34 [-1.20, 0.53]	
Kokkonen u. a. / 2007	3.75	0.48	19	3.68	0.31	19	64.8%	0.17 [-0.47, 0.81]	
Total (95% CI)			29			30	100.0%	-0.01 [-0.52, 0.50]	

Heterogeneity: $\chi^2 = 0.86$, $df = 1$ ($P = 0.35$); $I^2 = 0\%$
Test for overall effect: $Z = 0.03$ ($P = 0.97$)



Tab. 7 Forest Plot, Outcomegruppe «Schnellkraft», Stretch vs. Kontroll

Es wurden zwei Studien eingeschlossen, welche den Effekt von Stretching auf die Schnellkraft untersuchten. Insgesamt nahmen 59 Teilnehmer an dieser Analyse teil. Die Effektgrösse, gemessen mit der standardisierten Mittelwertsdifferenz (SMD) und mit einem 95% Konfidenzintervall (CI), beträgt -0.01 (-0.52, 0.50). Der P Wert beträgt 0.97, deshalb ist das Ergebnis nicht statistisch signifikant. Auch die visuelle Exploration des Forest Plots zeigt, dass der Rhombus dicht an der Mittellinie ist und somit weder in Richtung der Stretching- noch der Kontrollgruppe tendiert. Die statistische Heterogenität ist nicht relevant $I^2=0\%$.

3.9.2.1 Prozentuale Analyse der Schnellkraft

In der Outcomegruppe «Schnellkraft» sind die Anfangsgruppen homogen, deshalb fügen wir die prozentuale Analyse nur als Ergänzung hinzu.

% -Veränderung der Kontrollgruppe auf die Schnellkraft				% -Veränderung der Stretchinggruppe auf die Schnellkraft			
Studien	Am.	Em	% Veränderung von Am zu Em	Am	Em	% Veränderung von Am zu Em	Gewichtung in %
Kokkonen u. a. / 2007	3.63	3.68	1.65	3.8	3.75	-1.33	64.8
Bazett-Jones u. a. / 2008	8.63	8.57	-0.7	8.52	8.43	-1.07	35.2
Totale % Veränderung			0.82			-1.24	100

Am: Anfangsmessung, Em: Endmessung

Tab. 8 Prozentuale Analyse der Outcomegruppe «Schnellkraft»

Anhand der prozentualen Analyse gibt es in der Stretchinggruppe eine gemittelte Verbesserung von 1.24% der Schnellkraft. In der Kontrollgruppe gibt es eine gemittelte Verschlechterung von 0.82%. Man erkennt, dass es eine leichte Tendenz in Richtung der Stretchinggruppe gibt.

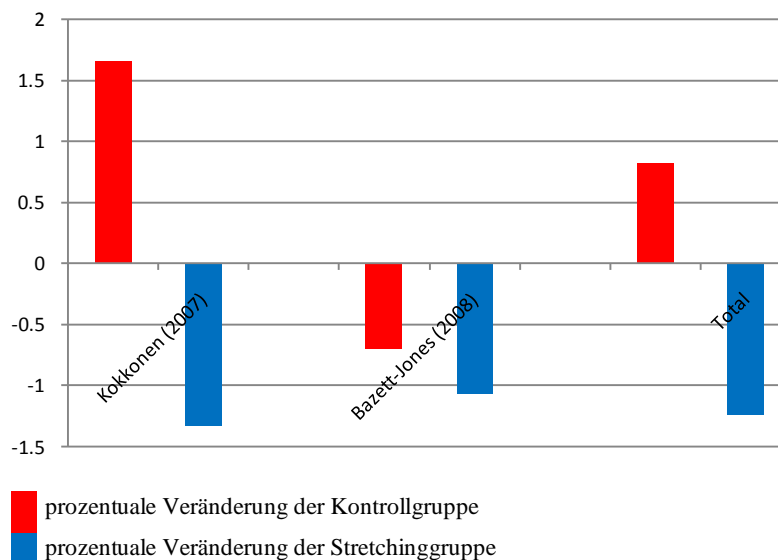
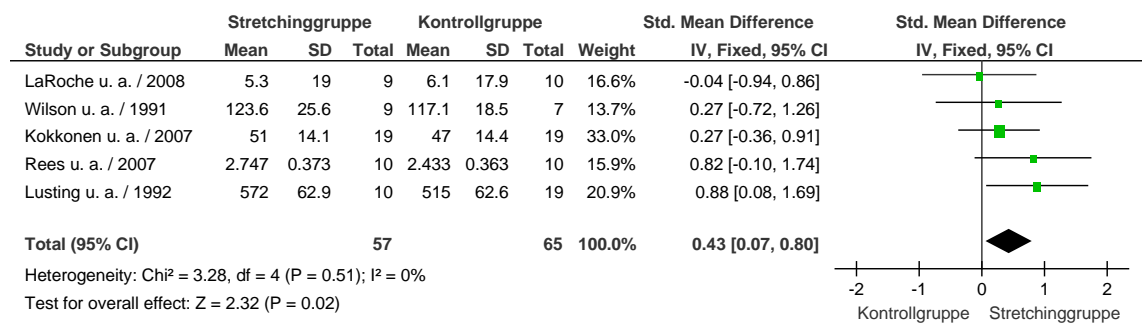


Abb. 9 Graphik der prozentualen Analyse, Outcomegruppe «Schnellkraft»

3.9.3 Outcome «Maximalkraft»



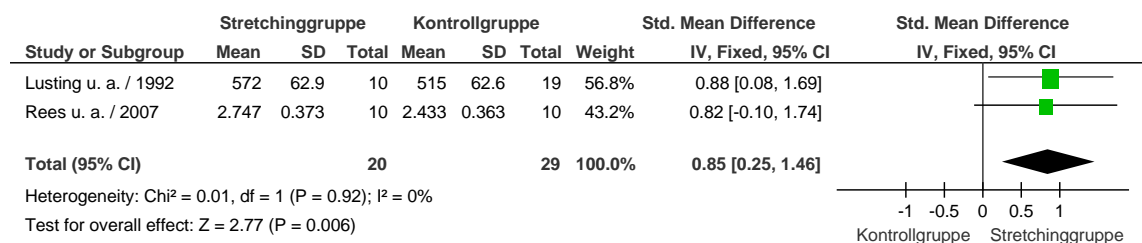
Tab. 9 Forest Plot, Outcomegruppe «Maximalkraft», Stretch vs Kontroll

Es wurden fünf Studien eingeschlossen, welche den Effekt von Stretching auf die Maximalkraft untersuchten. Insgesamt nahmen 122 Teilnehmer an dieser Analyse teil. Die Effektgrösse, gemessen mit der standardisierten Mittelwertsdifferenz (SMD) und mit einem 95% Konfidenzintervall (CI), beträgt 0.45 (0.08, 0.81). Der P Wert beträgt 0.02, deshalb ist das Ergebnis statistisch signifikant. Auch die visuelle Exploration des Forest Plots zeigt, dass der Rhombus die Mittellinie nicht schneidet und auf der Seite der Stretchinggruppe ist. Die statistische Heterogenität ist nicht relevant $I^2=0\%$.

3.9.3.1 Subgruppenanalyse

Durch die visuelle Exploration des Forest Plots fällt auf, dass es zwei Ausreisser gibt. In den beiden Ausreissern wird Contract-Relax Stretching angewandt. Deshalb beschliessen wir für das Outcome «Maximalkraft» separate Forest Plots für die CR- und die passiv-statische Dehnmethode zu erstellen.

3.9.3.1.1 Der Effekt von CR-Stretching auf die Maximalkraft

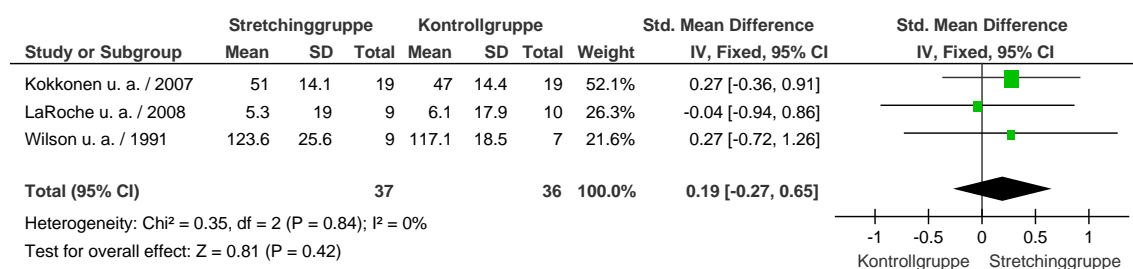


Tab. 10 Forest Plot, Outcomgruppe «Maximalkraft», CR-Stretching vs Kontroll

Es wurden zwei Studien eingeschlossen, welche den Effekt von Contract-Relax Stretching auf die Maximalkraft untersuchten. Insgesamt nahmen 51 Teilnehmer an dieser Analyse teil. Die Effektgrösse, gemessen mit der standardisierten Mittelwertsdifferenz

(SMD) und mit einem 95% Konvidenzintervall (CI), beträgt 0.86 (0.27, 1.44). Der P Wert beträgt 0.004, deshalb ist das Ergebnis statistisch signifikant. Auch die visuelle Exploration des Forest Plots zeigt, dass der Rhombus die Mittellinie nicht schneidet und auf der Seite der Stretchinggruppe ist. Die statistische Heterogenität ist nicht relevant $I^2=0\%$.

3.9.3.1.2 Der Effekt von passiv-statistischem Stretching auf die Maximalkraft



Tab. 11 Forest Plot, Outcomgruppe «Maximalkraft», passiv-statistisches Stretching vs Kontroll

Es wurden drei Studien eingeschlossen, welche den Effekt von passiv-statistischem Stretching auf die Maximalkraft untersuchten. Insgesamt nahmen 73 Teilnehmer an dieser Analyse teil. Die Effektgrösse, gemessen mit der standardisierten Mittelwertsdifferenz (SMD) und mit einem 95% Konvidenzintervall (CI), beträgt 0.19 (-0.27, 0.65). Der P Wert beträgt 0.42, deshalb ist das Ergebnis nicht statistisch signifikant. Die visuelle Exploration des Forest Plots zeigt, dass der Rhombus die Mittellinie schneidet, jedoch auf die Seite der Stretchinggruppe tendiert. Die statistische Heterogenität ist nicht relevant $I^2=0\%$.

3.9.3.2 Prozentuale Analyse der Maximalkraft

Auch hier sind die Gruppen nach der Randomisierung homogen und deshalb ist die prozentuale Analyse als Ergänzung beigefügt.

% -Veränderung der Kontrollgruppe auf die MaxKraft			% -Veränderung der Stretchinggruppe auf die MaxKraft				Gewichtung in %
Studien	Am	Em	% Veränderung von Am zu Em	Am	Em	% Veränderung von Am zu Em	
La Roche u. a. / 2008	278.8	289.5	3.84	239.5	257.5	7.51	16.6
Lusting u. a. / 1992	492.5	532.3	8.06	417.8	517.9	23.96	20.9
Kokkonen u. a. / 2007	46.1	47	1.95	44.7	51	14.09	33.0
Wilson u. a. / 1992	116.4	117.1	0.6	118.3	123.6	4.48	13.7
Rees u. a. / 2007	2.384	2.433	2.06	2.188	2.747	25.55	15.9
Totale % Veränderung			2.8			15.58	100

MaxKraft: Maximalkraft, Am: Anfangsmessung, Em: Endmessung

Tab. 12 Prozentuale Analyse, Outcomegruppe «Maximalkraft»

Wir haben eine Verbesserung in der Stretchinggruppe von 15.58%. Die Kontrollgruppe verbessert sich ebenfalls um 2.8%. Das bedeutet, dass sich die Maximalkraft der Stretchinggruppe 5.6-mal mehr verbessert als die der Kontrollgruppe.

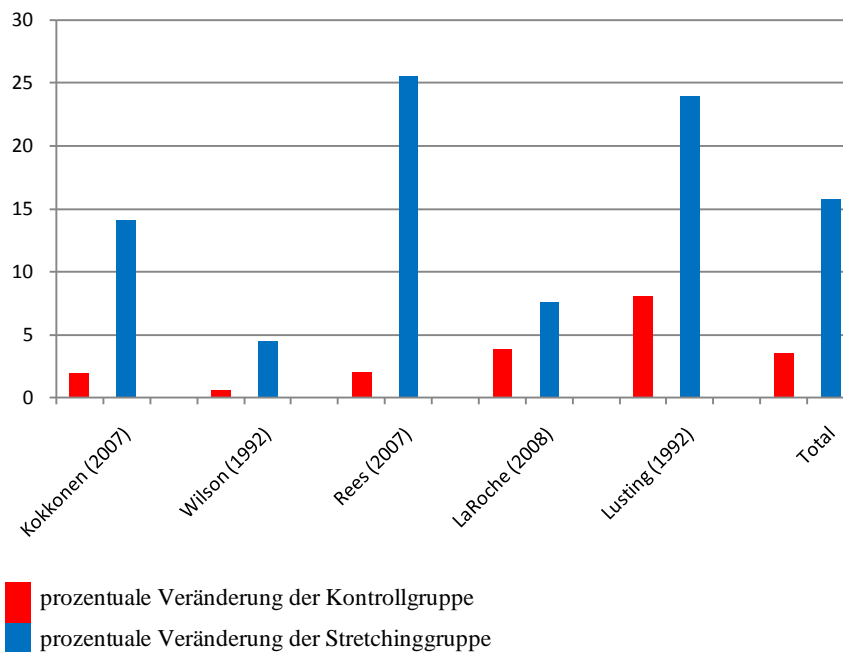


Abb. 10 Graphik der prozentualen Analyse, Outcomegruppe «Maximalkraft»

4 Diskussion

Stretching ist im Sport weit verbreitet und ist eine wichtige Komponente zur Verbesserung der physischen Leistungsfähigkeit (Pollock u. a., 1998). Während den letzten Jahrzehnten wurde immer mehr über Stretching im Zusammenhang mit Kraft diskutiert (Shrier, 2004). Diese systematische Review untersuchte die Evidenz von chronischem Stretching auf die Plyometrie, Schnellkraft und Maximalkraft. Zurzeit gibt es eine klei-

ne empirische Evidenz, dass chronisches Stretching die Maximalkraft und Plyometrie verbessert (Shrier, 2004).

4.1 Zusammenfassung der Resultate

Sieben Randomised Controlled Trials (RCT) und eine Clinical Controlled Trial (CCT), welche insgesamt 182 Probanden untersuchten, wurden eingeschlossen. Die Population der Studien wurde in drei verschiedene Outcomegruppen (Plyometrie, Maximalkraft, Schnellkraft) eingeteilt, wobei manche Teilnehmende in mehreren Outcomegruppen vorkommen. In der Outcomegruppe «Plyometrie» wurden 126 Teilnehmer eingeschlossen. In der Outcomegruppe «Schnellkraft» schlossen wir 59 Teilnehmer ein. In der Outcomegruppe «Maximalkraft» wurden 124 Probanden untersucht. Zusätzlich wurde die Outcomegruppe «Maximalkraft» in zwei Subgruppen unterteilt. Die Subgruppen unterschieden sich durch die Dehnungsmethoden (CR und passiv-statisch). Einige Studien wurden in verschiedene Outcomegruppen eingeschlossen, da sie in der Endtestung mehrere Outcomes untersuchten. Kokkonen u. a. (2007) untersuchten die Plyometrie, Maximalkraft und Schnellkraft. Bazzet-Jones u. a. (2008) untersuchten die Maximalkraft und Schnellkraft. Wilson u. a. (1992) testeten die Maximalkraft und Plyometrie.

Gepoolte Daten von fünf Studien, die den Effekt von Stretching auf die Plyometrie untersuchten, zeigten keine statistische Signifikanz für die Stretchinggruppe gegenüber der Kontrollgruppe (SMD:0.03, 95% CI: -0.32 bis 0.39, P: 0.85).

Die prozentuale Berechnung zeigt eine gemittelte Verbesserung der Stretchinggruppe von 6.72% gegenüber einer gemittelten Verschlechterung der Kontrollgruppe von 0.14%. Daraus wird eine Tendenz der Verbesserung in Richtung der Stretchinggruppe erkannt.

Gepoolte Daten von zwei Studien, die den Effekt von Stretching auf die Schnellkraft untersuchten, zeigten keine statistische Signifikanz für die Stretchinggruppe (SMD:-0.01, 95% CI: -0.52 bis 0.50, P: 0.97).

Die sekundäre prozentuale Berechnung ergab eine gemittelte Verbesserung der Stretchinggruppe von 1.24% gegenüber einer gemittelten Verschlechterung der Kontrollgruppe von 0.82%.

Gepoolte Daten von fünf Studien, die den Effekt von Stretching auf die Maximalkraft untersuchten, zeigten eine statistische Signifikanz für die Stretchinggruppe (SMD: 0.45, 95% CI: 0.08 bis 0.81, P: 0.02).

Gepoolte Daten von zwei Studien, die den Effekt von CR-Stretching auf die Maximalkraft untersuchten, zeigten eine statistische Signifikanz für die Stretchinggruppe (SMD: 0.86, 95% CI: 0.27 bis 1.44, P: 0.006).

Gepoolte Daten von drei Studien, die den Effekt von passiv-statischem Stretching auf die Maximalkraft untersuchten, zeigten eine statistische Signifikanz für die Stretchinggruppe (SMD: 0.19, 95% CI: -0.27 bis 0.65, P: 0.42).

Die sekundäre prozentuale Berechnung zeigte, dass sich die Maximalkraft der Stretchinggruppe 5.56-mal mehr verbesserte als die der Kontrollgruppe.

4.2 Anwendbarkeit der Evidenz und Vergleich mit der Literatur

Die eingeschlossene Population variiert von sporadisch aktiven Menschen bis hin zu Spitzensportlern. Es ist fraglich, ob Spitzensportler und Amateursportler die gleichen Kapazitäten zur Verbesserung der Kraft haben. Ein Spitzensportler hat schon einen Grossteil seiner möglichen Kapazitäten der Kraft ausgeschöpft, was zu einer kleineren Verbesserungsmöglichkeit der Kraft führt und somit zu einem kleineren Behandlungseffekt führen kann (Lusting u. a., 1992).

In den eingeschlossenen Studien betreiben die Probanden verschiedene Arten von Sport. Wilson u.a (1992) wählten professionelle Gewichtstemmer. Bazett- Jones u.a. (2008) untersuchten Leichtathleten. Ross (2007) wählte als Population Rekruten der U.S. Airforce. Hunter und Marshall (2002) untersuchten Basketball- und Volleyballspieler. Kokkonen u.a. (2007), Rees u. a. (2007) und La Roche u. a. (2008) schlossen sporadisch aktive Sportler ein. Lusting u. a. (1992) untersuchte eine Tanz/Fitnessgruppe.

In den eingeschlossenen Studien ist keine Sportart berücksichtigt, die eine hohe Flexibilität voraussetzt. Hunter und Marshall vermuten (2002), dass bei Sportarten, welche wenig Flexibilität voraussetzen und deshalb von den Sportlern wenig gedehnt wird, die Kraft am meisten durch Stretching beeinflusst werden kann. Wilson u. a. (1992) bestätigen, dass bei Menschen die bereits eine grosse muskuläre Compliance haben eine weitere Reduktion der Steifheit schwierig ist. Deshalb vermuten die Reviewer, dass bei Studien die eine beweglichere Population untersuchen, kleinere Effekte zu erwarten sind.

In den Studien von Rees u. a. (2007) und Lusting u. a. (1992) verwendete man Contract-Relax Stretching. In den sechs anderen eingeschlossenen Studien wurde passiv-statisches Stretching durchgeführt. Shrier (2004) fand heraus, dass der Effekt von Stretching auf die isometrische Maximalkraft, isokinetisch konzentrische Maximalkraft und Sprunghöhe konstant sind, egal welche Stretchingtechnik angewandt wird. Kontrovers dazu zeigt die vorliegende Review, dass sich die Maximalkraft einer weiblichen aktiven Population durch CR-Stretching stärker verbessert als durch passiv-statisches Dehnen.

Kritikpunkte der Review sind die unterschiedlichen Applikationsdauer, -serien und -Intervalle des Stretchings der eingeschlossenen Studien. Rees u. a. (2007) dehnten während 6 Sekunden, wobei Hunter und Marshall (2002) bis zu 60 Sekunden dehnten. Die Applikationsdauer des Stretchings pro Muskelgruppe während einer Stretchingeinheit variierte von 18 bis 300 Sekunden (LaRoche u. a., 2008; Lusting u. a., 1992). Dabei muss vermerkt werden, dass Lusting u. a. (1992) das CR-Stretching anwandten. In der Studie von Ross (2007) wurde täglich gedehnt, wobei Wilson u. a. (1992) zwei Mal pro Woche dehnten.

Ross (2007) war der Einzige, der zehn Minuten vor der Endmessung noch dehnte. Deshalb ist nicht klar ob der akute Effekt des Stretchings Einfluss auf den Behandlungseffekt hatte. Der Autor verwies auf die mögliche Fehlerquelle, begründete aber sein Handeln durch eine Studie. Diese zeigte, dass der akute Effekt von Stretching nur während sechs Minuten signifikant ist (Spernoga u. a., 2001).

Die statistische Analyse zeigte keinen signifikanten Effekt für die Interventionsgruppe auf die Outcomegruppe «Plyometrie». Aufgrund der kleinen Population und den heterogenen Gruppen nach der Randomisierung, erstellten wir eine sekundäre prozentuale Analyse, die in Richtung der Stretchinggruppe tendierte.

Die Autoren der eingeschlossenen Studien erwähnten folgende Mechanismen, die durch Stretching beeinflusst werden und Auswirkungen auf die Plyometrie haben:

Die meisten Sprünge beginnen mit einer vorbereitenden Gegenbewegung, in welcher der involvierte Muskel schnell verlängert und anschliessend reaktiv verkürzt wird. In der exzentrischen Phase wird vom Muskel Energie aufgenommen, die gespeichert wird (Ross, 2007). Es wird angenommen, dass die gespeicherte Energie während der konzentrischen Phase wieder freigesetzt wird und dadurch eine höhere Kraftproduktion resultiert (Cavagna, 1970). Worrell (1994) und Cavagna (1970) vermuten, dass bei einer

erhöhten Compliance der seriell elastischen Komponenten des Muskels mehr Energie gespeichert und freigesetzt werden kann, was zu einer höheren propulsiven Kraft führt und somit die Leistungsfähigkeit der Plyometrie verbessert. Diese These ist weit verbreitet und wird von mehreren Autoren unterstützt (Hunter & Marshall, 2002; Kokkonen u. a., 2007; Kubo, Kawakami, & Fukunaga, 1999; Wilson u. a., 1992).

Kontrovers dazu vermuten Rees u. a. (2007) dass eine grössere Steifheit der seriell elastischen Komponenten eine höhere Leistungsfähigkeit in Sportarten, wie Laufdisziplinen und Radfahren zur Folge hat. Rees u.a. (2007) begründen dies durch eine bessere Speicherung und Abgabe der Energie mittels der seriell elastischen Komponenten (SEC). Weitere Forschung ist nötig, um den genauen Vorgang und den Effekt dieses Mechanismus wissenschaftlich zu belegen. Diese Aussage wird unterstützt von LaRoche u. a. (2008).

Aufgrund der Tendenz in Richtung der Stretchinggruppe, festgestellt durch die prozentuale Analyse, denken die Reviewer, dass Stretching nicht ignoriert werden darf um die Leistungsfähigkeit der Plyometrie zu verbessern.

Die statistische Analyse des Outcomes «Schnellkraft» zeigte keine statistische Signifikanz für die Stretchinggruppe. Die Literatur unterstützt dieses Resultat (Dintiman, 1964).

Die sekundäre prozentuale Analyse zeigte eine leichte positive Tendenz für die Verbesserung in die Stretchinggruppe. Eine mögliche Ursache für die Verbesserung der Schnellkraft könnte folgender Mechanismus sein:

Eine erhöhte Compliance der seriell elastischen Komponenten (SEC) spricht für eine grössere Schnellkraft durch Stretching. Caplan u. a. (2009) zeigten, dass die muskuläre Leistungsfähigkeit steigt, wenn die Compliance der seriell elastischen Komponenten erhöht wird.

Besonders für die Outcomegruppe «Schellkraft» mangelt es an wissenschaftlicher Literatur. Deshalb muss weiter geforscht werden, um die möglichen Mechanismen und die Effekte zu klären.

Die statistische Analyse des Outcomes «Maximalkraft» zeigt eine statistische Signifikanz für die Interventionsgruppe. Es wird vermutet, dass die Verbesserung der Maxi-

malkraft durch Stretching auf eine muskuläre Hypertrophie zurückzuführen ist (Klinge u. a., 1997; Kokkonen u. a., 2007).

Kontrovers dazu wird vermutet, dass der Maximalkraftzuwachs nicht durch die Dehnübung verursacht wird, sondern durch die muskuläre Stabilisation des nicht gedehnten Beines. Wird beispielsweise das rechte Bein gedehnt, führt das linke Bein oft eine stabilisierende isometrische Kontraktion aus (Kokkonen u. a., 2007).

Bei der Analyse des Forest Plots fällt auf, dass sich die Maximalkraft in den Studien von Rees u. a. (2007) und Lusting u. a. (1992) stärker verbesserte als in den anderen eingeschlossenen Studien. Des Weiteren zeigte der Forest Plot der CR-Dehnmethode eine statistische Signifikanz, wobei die passiv-statische Dehnmethode keine statistische Signifikanz aufwies. Wir vermuten, dass die isometrische Kontraktion, während des CR-Stretching, einen Einfluss auf die maximale Leistungsfähigkeit des Muskels hat. Fleck und Kraemer (2004) bestätigten, dass zwei Serien von zehn isometrischen Kontraktionen dreimal pro Woche, die Maximalkraft verbessern. Daraus schliessen wir, dass sich die Kraft nicht nur durch das Stretching verbessert hat.

4.3 Die Qualität der Evidenz und potentielle Bias im Prozess der Review

Es wurden nur Randomised Controlled Trials und Clinical Controlled Trials eingeschlossen. Es wurde ein hohes Bias Risiko bei der verdeckten Gruppenzuweisung und dem Blinding der Probanden festgestellt.

Das Problem beim Blinding der Teilnehmer ist, dass ihnen nicht vorenthalten werden kann in welcher Gruppe sie sich befinden, da sie entweder einer Stretchingintervention beiwohnen oder nicht (Shrier, 2004). Häufig wird eine Population in einem Sportklub untersucht und somit kann die Kommunikation zwischen den Teilnehmern nicht vermieden werden. Jedoch kann das Wissen der Gruppenzugehörigkeit den Effekt der Intervention beeinflussen (Schulz, Chalmers, & Altman, 2002).

Die verdeckte Gruppenzuweisung wurde in keiner Studie präzisiert. Deshalb bleibt unklar ob in den eingeschlossenen Studien der Randomisierungsprozess verdeckt durchgeführt wurde. Eine nicht verdeckte Durchführung des Randomisierungsprozesses könnte die Motivation der Probanden und die Heterogenität der Gruppen und somit den Behandlungseffekt beeinflussen (Higgins & Green, 2008).

Wir sind überzeugt, dass unsere systematische Suche in allen relevanten elektronischen Datenbanken gründlich durchgeführt wurde. Um relevante Literatur, welche nicht in den Datenbanken vorhanden ist, zu finden, wurde eine Handsuche mittels der Referenzen durchgeführt. Wir können nicht ausschliessen, dass Studien übersehen wurden, da die Terminologie in diesem Thema unterschiedlich angewandt wird.

Es besteht die Möglichkeit von Sprachbias durch Fehlinterpretation der Literatur, da die englische Sprache nicht unsere Muttersprache ist.

5 Schlussfolgerung

5.1 Implikation für die Praxis

Ein gesunder, aktiver Mensch kann erwarten, dass chronisches Stretching die Leistungsfähigkeit der Maximalkraft verbessert. Jedoch muss beachtet werden, dass Stretching als Ergänzung zu herkömmlichen Trainingsprogrammen (z.B. Sprungkraft-, Ausdauer-, Koordinationstraining und Techniks Schulung) und nicht als deren Ersatz durchgeführt werden darf (Kokkonen u. a., 2007). Zusätzlich muss erwähnt werden, dass eine weniger bewegliche Population mehr von einem Stretchingprogramm profitiert, um die Kraft zu verbessern (Hunter & Marshall, 2002).

Unsere Review hat gezeigt, dass die CR-Dehnmethode einen grösseren Effekt auf die Maximalkraft hat, als passiv-statisches Stretching. Praktizierende sollen dies bei der Wahl der Dehnungsmethode berücksichtigen. Jedoch beziehen sich die Resultate auf eine weibliche aktive Population. Weitere Forschung ist nötig um zu klären, ob sich die Resultate auf andere Populationsgruppen anwenden lassen.

Damit ein Stretchingprogramm effektiv ist, müssen durch eine individuelle Analyse des Athleten mögliche Bewegungseinschränkungen oder muskuläre Dysbalancen erkannt werden und das Dehnprogramm muss den Sportlern und der Sportart angepasst sein.

5.2 Implikation für weitere Forschung

Die prozentuale Analyse zeigte eine positive Tendenz für die Verbesserung der Plyometrie und Schnellkraft in der Stretchinggruppe. Um diese Effekte statistisch zu beweisen, müssen noch weitere Studien durchgeführt werden. Ein wissenschaftlicher Vergleich wird erschwert durch eine grosse Heterogenität zwischen den publizierten Studien. Um eine aussagekräftigere Metaanalyse zu erstellen, sollten sich die publizieren-

den Autoren auf ein Protokoll einigen, in welchem die Interventionen, Applikationsdauer, -intervalle und -serien homogen sind.

Die verantwortlichen Mechanismen, die zu einer muskulären Leistungsverbesserung führen sind noch unklar und kontrovers diskutiert. Um diese vollständig zu erklären, müssen weitere Studien durchgeführt werden um eine einheitliche Meinung (z. B. betreffend muskulärer Steifheit) zu finden.

Für den Praktiker wäre es interessant und hilfreich, wenn Forschung durchgeführt würde, welche die effektivste Dehnmethode, die Applikationsdauer, -intervalle und -serien für einzelne Sportarten untersucht.

5.3 Erweiterung der persönlichen Ressourcen

In diesem Kapitel stellen wir unseren Lernzuwachs durch die vorliegende Arbeit dar. Durch die Realisation dieser systematischen Review haben wir uns intensiv mit einem Forschungsthema auseinandergesetzt. Die Fragestellung formulierten wir präzise und konnten sie beantworten.

Dabei lernten wir die elektronischen Datenbanken zu nutzen, sowie die Artikel als Volltext zu finden, was hilfreich für unseren künftigen professionellen Werdegang ist.

Auf der persönlichen Ebene, haben wir unsere Kommunikation, Argumentation und Kompromissbereitschaft verbessert.

Weiterhin haben wir die verschiedenen Etappen und Methoden, die für die Realisation einer systematischen Literaturübersicht notwendig sind, kennen gelernt. Diese Arbeit ermöglichte uns elektronische Hilfsmittel, wie das Referenzierprogramm «Zotero» und Revman 5 zu verstehen und anzuwenden. Zusätzlich mussten wir uns mit dem Office 2007 auseinandersetzen um die Review zu verfassen und zu formatieren.

Alle Studien waren in englischer Sprache verfasst, was unsere Sprachkompetenz wesentlich verbesserte.

Während dem ganzen Arbeitsprozess mussten wir die Literatur kritisch lesen und bewerten. In unserem zukünftigen Berufsleben werden wir häufig mit wissenschaftlichen Artikeln konfrontiert sein, welche wir jetzt kritischer und präziser analysieren können.

6 Bibliographie

- Aleman, J. A., Pandorf, C. E., Montain, S. J., Castellani, J. W., Tuckow, A. P., & Nindl, B. C. (2005). Reliability assessment of ballistic jump squats and bench throws. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 19(1), 33-38.
- Amako, M., Oda, T., Masuoka, K., Yokoi, H., & Campisi, P. (2003). Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Military medicine*, 168(6), 442-446.
- Anderson, B., & Anderson, J. (2000). *Stretching: 20th anniversary*. Shelter Publications, Inc.
- Avela, J., & Komi, P. V. (1998). Interaction between muscle stiffness and stretch reflex sensitivity after long-term stretch-shortening cycle exercise. *Muscle & nerve*, 21(9), 1224-1227.
- Avela, J., Kyrolainen, H., & Komi, P. V. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *Journal of Applied Physiology*, 86(4), 1283.
- Bazett-Jones, D. M., Gibson, M. H., & McBride, J. M. (2008). Sprint and vertical jump performances are not affected by six weeks of static hamstring stretching. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 25.
- Bixler, B., & Jones, R. L. (1992). High-school football injuries: effects of a post-halftime warm-up and stretching routine. *The Family practice research journal*, 12(2), 131.

- Bolgia, L. A., & Keskula, D. R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 26(3), 138-142.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(2), 273–282.
- Bührle, M. (1985). Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. *Grundlagen des Maximal-und Schnellkrafttrainings. Köln*, 82–109.
- Caplan, N., Rogers, R., Parr, M. K., & Hayes, P. R. (2009). The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretch training on running mechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(4), 1175-1180.
- Cavagna, G. A. (1970). Elastic bounce of the body. *Journal of Applied Physiology*, 29(3), 279.
- Ce, E., Parachino, E., & Esposito, F. (2008). Electrical and mechanical response of skeletal muscle to electrical stimulation after acute passive stretching in humans: A combined electromyographic and mechanomyographic approach. *Journal of sports sciences*, 26(14), 1567–1577.
- Cornwell, Nelson, A. G., Heise, G. D., & Sidaway, B. (2001). Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *Journal of Human Movement Studies*, 40(4), 307.
- Day, C. S., Moreland, M. S., Floyd Jr, S. S., & Huard, J. (1997). Limb lengthening promotes muscle growth. *Journal of Orthopaedic Research*, 15(2), 227–234.
- Dintiman, G. B. (1964). Effects of various training programs on running speed. *Research quarterly*, 35, 456.

- Edman, K. E. A. (1996). Strain of passive elements during force enhancement by stretch in frog muscle fibres. *Journal of Physiology*, 490(1), 191-205.
- Ekstrand, J., Gillquist, J., & Liljedahl, S. O. (1983). Prevention of soccer injuries: supervision by doctor and physiotherapist. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(3), 116.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2004). *Designing resistance training programs*. Human Kinetics Publishers.
- Fowles, J. R., Sale, D. G., & MacDougall, J. D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *Journal of applied physiology*, 89(3), 1179.
- Gajdosik, R. L. (2001). Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clinical biomechanics*, 16(2), 87–101.
- Goldspink, D. F., Cox, V. M., Smith, S. K., Eaves, L. A., Osbaldeston, N. J., Lee, D. M., & Mantle, D. (1995). Muscle growth in response to mechanical stimuli. *American Journal of Physiology- Endocrinology And Metabolism*, 268(2), E288.
- Güllich, A., & Schmidtbleicher, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50(7/8), 223–234.
- Guissard, N., & Duchateau, J. (2006). Neural aspects of muscle stretching. *Exercise and sport sciences reviews*, 34(4), 154.
- Hadala, M., & Barrios, C. (2009). Different Strategies for Sports Injury Prevention in an America's Cup Yachting Crew. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(8), 1587.
- Haff, G. G. (2006). Roundtable discussion: flexibility training. *Strength & Conditioning Journal*, 28(2), 64.
- Halbertsma, J. P., van Bolhuis, A. I., & Göeken, L. N. (1996). Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(7), 688-692.

- Handel, M., Horstmann, T., Dickhuth, H. H., & Gülch, R. W. (1997). Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76(5), 400–408.
- Herbert, & De Noronha, M. (2007). Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev*, 4.
- Higgins, J. P., & Green, S. (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Wiley.
- Hunter, J. P., & Marshall, R. N. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(3), 478.
- I. Shrier. (1999). Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9(4), 221-227.
- I. Shrier. (2005). When and Whom to Stretch? Gauging the Benefits and Drawbacks for Individual Patients. *The physician and sportsmedicine*, 33(3), 22-26.
- Jamtvedt, G., Herbert, R. D., Flottorp, S., Odgaard-Jensen, J., Håvelsrud, K., Barratt, A., Mathieu, E., u. a. (2009). A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *British Journal of Sports Medicine*. doi:10.1136/bjsm.2009.062232
- Klee, A., & Wiemann, K. (2005). *Beweglichkeit/Dehnfähigkeit*. Hofmann.
- Klinge, K., Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Klausen, K., & Kjaer, M. (1997). The effect of strength and flexibility training on skeletal muscle electromyographic activity, stiffness, and viscoelastic stress relaxation response. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(5), 710.
- Kokkonen, J., Nelson, A. G., Eldredge, C., & Winchester, J. B. (2007). Chronic static stretching improves exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10), 1825.

- Kubo, Kawakami, & Fukunaga. (1999). Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *J Appl Physiol*, 87(6), 2090-2096.
- Kubo, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2001). Is passive stiffness in human muscles related to the elasticity of tendon structures? *European Journal of Applied Physiology*, 85(3), 226–232.
- Kubo, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2002). Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of applied physiology*, 92(2), 595.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2001). Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of applied physiology*, 90(2), 520.
- LaRoche, D. P., Lussier, M. V., & Roy, S. J. (2008). Chronic stretching and voluntary muscle force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 589.
- Lusting, A., Ball, E., & Looney, M. (1992). A comparison of two proprioceptive neuromuscular facilitation techniques for improving range of motion and muscular strength. *Isokinetic Exerc Sci*, 2, 154–159.
- Magnusson. (2007). Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 8(2), 65–77.
- Magnusson, & Renström, P. (2006). The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. *European Journal of Sport Science*, 6(2), 87–91.
- Magnusson, Simonsen, E. B., Aagaard, P., & Kjaer, M. (1996). Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(5), 622.
- Martin, P. E., & Morgan, D. O. (1992). Biomechanical considerations for economical walking and running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(4), 467.

- Mathieu, McNair, P., De Muynck, M., Stevens, V., Blanckaert, I., Smits, N., & Witvrouw, E. (2007). Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3), 494.
- McArdle, Katch, & Katch. (2001). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. 2001. Baltimore, MD: Lippincott, William, and Wilkins.
- McHugh, M. P., & Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 169-181. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01058.x
- Miyamoto, M. (2006). *Das Buch der fünf Ringe : klassische Strategien aus dem alten Japan* (Sonderausg.). München [u.a.]: Piper.
- Morgan, D. W., Martin, P. E., & Krahenbuhl, G. S. (1989). Factors affecting running economy. *Sports medicine (Auckland, NZ)*, 7(5), 310.
- Nelson, & Bandy. (2005). An update on flexibility. *Strength & Conditioning Journal*, 27(1), 10.
- Nelson, Kokkonen, J., Eldredge, C., Cornwell, A., & Glickman-Weiss, E. (2001). Chronic stretching and running economy. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 11(5), 260–265.
- Noakes, T. (2003). *Lore of running*. Human Kinetics Publishers.
- Panjali, & Deshpande, P. (2001). *Die Wurzeln des Yoga: Die klassischen Lehrsprüche des Patanjali - die Grundlage aller Yoga-Systeme*. O.W. Barth.
- Pleisteiner, H. (2004). *Langenscheidt Universal-wörterbuch Englisch: Englisch-deutsch, deutsch-englisch*. Langenscheidt.
- Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Despres, J. P., Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Garber, C. E. (1998). ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine & Science in Sports*

& *Exercise*, 30(6), 975.

Proske, U., & Morgan, D. L. (1999). Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle? *Journal of muscle research and cell motility*, 20(5), 433–442.

Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*, 537(2), 333.

Rees, S. S., Murphy, A. J., Watsford, M. L., McLachlan, K. A., & Coutts, A. J. (2007). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on stiffness and force-producing characteristics of the ankle in active women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 572.

Ross, M. D. (2007). Effect of a 15-Day Pragmatic Hamstring Stretching Program on Hamstring Flexibility and Single Hop for Distance Test Performance. *Research in Sports Medicine*, 15(4), 271–281.

Rubini, E. C., Costa, A. L., & Gomes, P. S. (2007). The effects of stretching on strength performance. *Sports medicine*, 37(3), 213–224.

Schulz, K. F., Chalmers, I., & Altman, D. G. (2002). The landscape and lexicon of blinding in randomized trials. *Annals of internal medicine*, 136(3), 254.

Shrier, I. (1999). Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9(4), 221.

Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance?: a systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 14(5), 267.

Shrier, I. (2005). When and whom to stretch? Gauging the benefits and drawbacks for individual patients. *The Physician and sportsmedicine*, 33(3), 22.

- Sölveborn, S. A., & Nilsson, R. (1983). *Das Buch vom Stretching*. Mosaik-Verl.
- Spornoga, S. G., Uhl, T. L., Arnold, B. L., & Gansneder, B. M. (2001). Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *Journal of athletic training*, 36(1), 44.
- Stauber, W. T., Miller, G. R., Grimmer, J. G., & Knack, K. K. (1994). Adaptation of rat soleus muscles to 4 wk of intermittent strain. *Journal of Applied Physiology*, 77(1), 58.
- Stone, M., Ramsey, M. W., Kinser, A. M., O'Bryant, H. S., Ayers, C., & Sands, W. A. (2006). Stretching: Acute and chronic? The potential consequences. *Strength & Conditioning Journal*, 28(6), 66.
- Sykes, C. (2008). The international classification of functioning, disability and health: relevance and applicability to physiotherapy. *Advances in Physiotherapy*, 10(3), 110–118.
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., & Kimsey, C. D. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 371.
- Toft, E., Sinkjaer, T., Kaalund, S., & Espersen, G. T. (1989). Biomechanical properties of the human ankle in relation to passive stretch. *Journal of biomechanics*, 22(11-12), 1129–1132.
- Unick, J., Kieffer, H. S., Cheesman, W., & Feeney, A. (2005). The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 206.
- Van Praagh, E. (2007). *Physiologie du sport: enfant et adolescent*.
- Weineck, J. (2004). *Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder-und Jugendtrainings*. Spitta Verlag GmbH & Co. KG.

- Wiemann, K., Klee, A., & Stratmann, M. (1998). Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhespannung und die Behandlung muskulärer Dysbalancen. *Zeitschrift für Sportmedizin*, 48(4), 111–118.
- Williams, P. E. (1990). Use of intermittent stretch in the prevention of serial sarcomere loss in immobilised muscle. *British Medical Journal*, 49(5), 316.
- Wilson, G. J., Elliott, B. C., & Wood, G. A. (1992). Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(1), 116.
- Woolstenhulme, M. T., Griffiths, C. M., Woolstenhulme, E. M., & Parcell, A. C. (2006). Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 799.
- Worrell, Smith, & Winegardner. (1994). Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 20(3), 154.
- Wu, Y., Li, R. C., Maffulli, N., Chan, K. M., & Chan, J. L. (1997). Relationship between isokinetic concentric and eccentric contraction modes in the knee flexor and extensor muscle groups. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 26(3), 143-149.
- Wydra, G. (1997). Stretching-ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung. *Sportwissenschaft*, 27, 409–427.
- Yang, S., Alnaqeeb, M., Simpson, H., & Goldspink, G. (1996). Cloning and characterization of an IGF-1 isoform expressed in skeletal muscle subjected to stretch. *Journal of muscle research and cell motility*, 17(4), 487–495.
- Ylinen, J. J. (2009). *Atlas der Muskeldehnungstechniken*. Elsevier, Urban&FischerVerlag.

7 Anhang

7.1 Abkürzungsglossar

$\Delta F/\Delta L$: Passive Steifheit

$\Delta L/\Delta F$: Passive Compliance

ΔM : Die Differenz des Anfangsmittelwertes zu dem Endmittelwert

ΔSD : Die Differenz der Standardabweichungen

CC: Kontraktile Proteine

CCT: Clinical Controlled Trail

CI: Konfidenzintervall

CMJ: Counter Movement Jump

CR Dehnmethode: Contract Relax Dehnmethode

DVZ: Dehnungs-verkürzungszyklus

EMG: Elektromyografische Aktivität

F: Kraft

HES SO Wallis: Walliser Hochschule der Westschweiz

I^2 Statistik: Um die statistische Heterogenität der Outcomes zu quantifizieren und zu bestimmen

IGF 1 Messenger RNA: Insulin-like growth factor 1 Messenger Ribonucleic acid

L: Länge

PEC: Parallel elastische Komponente

PNF: Propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation

RCT: Randomised controlled trail

RevMan5: Review Manager Manager 5

ROM: Range of Motion

SEC: Serielle elastische Komponente

SMD: Standardisierte Mittelwertsdifferenz

u.a.: Und andere

Vgl.: Vergleiche

www.kfh.ch: Konferenz der Fachhochschulen der Schweiz

7.2 Glossar

Abstract: Zusammenfassung einer Studie

Aktin: Ist ein Strukturprotein, dass sich im Sarkomer der Muskelfaser finden lässt. Es bildet mit dem Myosin die kontraktile Einheit des Muskels.

Akutes Dehnen: Stretching, welches unmittelbar vor einer Aktivität oder als Teil des Warm-Ups durchgeführt wird.

Allocation Concealment: Verdeckte Durchführung des Randomisierungsprozesses.

Antagonisten: Im Hinblick auf ihre Zusammenarbeit werden Muskeln in gegenspielende und zusammenwirkende unterteilt. Agonisten (Spieler) und Antagonisten (Gegenspieler) haben zueinander eine entgegengesetzte Funktion.

Aponeurose: Als Aponeurose «Sehnenplatte» bezeichnet man flächige oder platte Strukturen aus Bindegewebe. Sie dienen als sehniger Ansatz eines Muskels oder als Verlängerung der Muskelendsehnen.

Ballistisches Dehnen (Ballistics): Beim ballistischen Dehnen erfolgt die Dehnungsarbeit über mehrfach wiederholte federnde Bewegungen.

Basallamina: Proteinschicht, die Oberflächenepithelien gegenüber dem Bindegewebe abgrenzt.

Biasrisiken: Fehlerrisiken

Blinding: Geheimhaltung der Gruppenzuordnung und Intervention der Probanden

Case Report: Fallstudie

Chronisches Dehnen: Ist ein Regelmässiges, oft umfangreiches Dehnen der Muskulatur.

Compliance: Die Compliance dient in der Physiologie als Maß für die Dehnbarkeit von Körperstrukturen. Sie wird zur Beschreibung und Quantifizierung der elastischen Eigenschaften der betrachteten Gewebe gebraucht.

Contract Relax Dehnmethode: Bei der CR-Dehnmethode wird der zu dehnende Muskel unmittelbar vor der Dehnung maximal angespannt und anschliessend gedehnt.

Costomare: Proteinkomplex, welcher das Aktin der Sarkomere mit dem Kollagen der Sehnen verbindet.

Desmin: Ist ein Muskelprotein und somit ein Element des Zytoskeletts. Im Zytoplasma der Muskelfasern der quergestreiften Muskulatur verbindet es die Myofibrillen zu Bündel und bildet die sogenannte Z-Scheiben der quergestreiften Muskulatur.

Drehmoment: Als Drehmoment bezeichnet man jene physikalische Größe, die bei der Beeinflussung einer Drehbewegung wirkt. Drehmoment ist das Produkt aus Kraft mal Hebelarm.

Drop Jumps: Ist eine Form der Plyometrie, welche einen kurzen Dehnungs-Verkürzungszyklus beinhaltet. Der Drop Jump wird in der Sportwissenschaft zum Testen der Kraftfähigkeit inklusive der reaktiven Kraftfähigkeit der Sprungmuskulatur eingesetzt.

E-Mail: Kommunikationsmittel übers Internet

Endomysium: Hüllenmembran von einzelnen Muskelfasern

Epimysium: Gesamtheit von Bindegewebe, die den Muskel umgeben. Das Epimysium liegt unmittelbar unterhalb der Faszie.

Exzentrische Kraft: Muskelkontraktion, bei der sich Ursprung und Ansatz der Muskelsehnen voneinander wegbewegen

Exzitatorisch: Exzitation bezeichnet die spezifische Reaktion erregbarer Systeme auf einen äußeren oder inneren Reiz.

Faszien: Bezeichnet die Weichteil-Komponenten des Bindegewebes, die den ganzen Körper als ein umhüllendes und verbindendes Spannungsnetzwerk durchdringen.

Forest Plot: Graphische Darstellung wissenschaftlicher Resultate.

Heterogenität: bezeichnet die Uneinheitlichkeit der Elemente einer Menge hinsichtlich eines oder mehrerer Merkmale.

Hypertrophie: Größenzunahme eines Organs oder eines Gewebes

IGF 1 Messenger RNA: Hormon, kontrolliert die Reparatur, Erhaltung und Umformung von Gewebe.

Ischiocrurale Muskulatur: Muskulatur am dorsalen Oberschenkel (Hamstrings)

Isometrische Kraft: Muskelkontraktion ohne Änderung der Muskellänge

Konzentrische Kraft: Muskelkontraktion, bei der sich Ursprung und Ansatz der Muskelsehnen annähern.

Maximalkraft: Höchstmögliche willkürliche Kraft, die das Nerv-Muskelsystem bei maximaler Kontraktion auszuüben vermag.

Metaanalyse: Die Metaanalyse ist eine an den Kriterien empirischer Forschung orientierte Methode zur quantitativen Integration der Ergebnisse empirischer Untersuchungen sowie zur Analyse der Variabilität dieser Ergebnisse

Mikrotraumatismen: Mikroskopische Verletzungen von Strukturen

Muskelspindel: Die Muskelspindel sind Sinnesorgane der Muskulatur, die den Dehnungszustand der Muskulatur erfasst. Sie gehören zur Gruppe der Propriozeptoren.

Muskuläre Dysbalance: Muskelverkürzungen und/oder Muskelabschwächungen zwischen Agonist (= Spieler) und Antagonist (= Gegenspieler) durch einseitige Kraftentwicklung bei gleichzeitiger Vernachlässigung ihrer Dehnungsfähigkeit.

Myoblasten: Spindelförmige Vorläuferzelle der Skelettmuskelfasern. Durch Zellfusion entstehen aus Myoblasten die definitiven Muskelzellen.

Myofibrille: Eine Myofibrille ist in den Muskelzellen eine Funktionseinheit auf der Ebene eines Zellorganells, die der Zelle eine aktive Verkürzung ermöglicht.

Myosin: Motorprotein, dass sich in den Sarkomeren befindet. Myosin ist wesentlich an der Umwandlung von chemischer Energie in Kraft und Bewegung beteiligt.

Nozizeptor: Rezeptor, der auf eine drohende oder eingetretene Verletzung des Körpergewebes reagiert.

Outcome: Ergebnis, das durch eine präventive Massnahme oder medizinische Therapie erzielt wird.

P Wert: Der P- Wert ist eine Kennzahl zur Auswertung von statistischen Tests. Er steht in enger Beziehung mit dem Signifikanzniveau.

Perimysium: Bindegewebige Hülle , die mehrere Muskelfasern zu Bündel zusammenfasst.

Plyometrie: Die Plyometrie setzt sich aus Schnellkraft und Maximalkraft zusammen. Bei der Plyometrie gibt es einen Wechsel von einer exzentrischen zu einer konzentrischen Muskelkontraktion (z.B bei Sprüngen).

Post- Exercise: Übung nach Training/Wettkampf

Pre- Exercise: Übung vor Training/Wettkampf

Proliferation: Wachstum und Vermehrung von Zellen

Propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation: Contract Relax Dehnmethode

Randomisierung: Zufällige Verteilung der Probanden in einer Studie

Rebound bench press: plyometrisches Bankdrücken.

Reviewer: Verfasser einer Review

Running economy: ist ein Mass, welches den Sauerstoffverbrauch eines Menschen bei einer vorgegebenen Laufgeschwindigkeit misst.

Sarkolemm: Zellmembran der Muskelzelle

Sarkomer: Kleinste funktionelle Einheit der Myofibrillen. Das Sarkomer besteht aus Aktin, Myosin und Titin.

Sarkoplasma: Zytoplasma der Muskelzelle

Schnellkraft: Fähigkeit des Muskel-Nervsystems, den Körper, Teile des Körpers oder Gegenstände mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen.

Single hop for distance: Einbeinsprung bei dem die Distanz gemessen wird.

Steifheit: Resistenzfähigkeit eines Gewebes auf eine Längenveränderung ($\Delta F/\Delta L$).

Titin: Grosses elastisches Protein, dass sich in den Sarkomeren befindet. Die Aufgabe des Titins ist, die Myosinköpfe zwischen den Aktinfilamenten zu zentrieren und den kontraktile Apparat nach der Dehnung zurückzustellen.

Trial Flow: Darstellung der Suche einer systematischen Literaturübersicht

Viskosität: Viskosität beschreibt die Zähigkeit von Flüssigkeiten.

VO₂ Max: Maximale Menge an Sauerstoff, die aufgenommen und transportiert werden kann, bei maximaler Leistung.

Zytoplasma: Umschlossene gallertartige, halb Transparente Flüssigkeit einer Zelle. Das Zytoplasma besteht zu 75%-95% aus Wasser in dem Proteine, Lipide, Kohlenhydrate, Mineralsalze und Spurenelemente in gelöster Form vorkommen. Zusätzlich beinhaltet das Zytoplasma kleine Organellen, die Transport-, Stabilisierungs-, Bewegungs- und Speicherfunktionen innerhalb der Zelle übernehmen.

α -Motoneuron: Das α -Motoneuron gehört zu den grössten Ganglienzellen und innerviert die Muskulatur. Die α -Motoneuronen befinden sich im Vorderhorn des Rückenmarks.